البردي

دراسة آثرية وتاريخية - طرق الترميم والصيانة

دكتور/ عبد اللطيف أفندي

كلية الآثار - جامعة القاهرة



مكتبة الأنجلو المصرية

الإهداء

إلى والدى ووالدتى . .

إلى زوجتي وابني عمر و محمد . .

بكل الحب والوفاء أهدى لهم هذا العمل

بسم الله الرحمن الرحيم

" رَبِّ أَوْزِعْنِـــي أَنْ أَشْــكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَـــى وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ وَأَصْلِحْ لِي فِي ذُرِّيَّتِي إِنِّي تُبْتُ إِلَيْكَ وَإِنِّي مِنَ الْمُسْلِمِينَ "

(الأحقاف – آية رقم ١٥)

شكر وتقدير

الحمـــد لله كما هو أهله وأشكره على لطفه وعونه فليس عندى شيء ولا منى شـــيء ولا لـــيَّ شيء فالفضل والمنة والحمد لله وحده – سبحانه عليه توكلت وإليه أنيـــب – والصلاة والسلام على المبعوث رحمة للعالمين سيدنا محمد ﷺ وعلى آله وصـــحبه ومن تبعهم بإحسان إلى يوم الدين. لا يسعنى بعد إتمام هذا الكتاب إلا أن أدعـــو الله ﷻ أن يجعلـــه خالصاً لوجه الكريم وينفعنا به فى الدنيا والآخرة، فالعلم موهبة راسخة يمتحن الله بها من شاء، فإن أحسن شُكرها رفعه الله به درجات.

وأتقدم بكل الحب والإخلاص والدعاء إلى الدكتور/ حسن فهمى رجب، رحمه الله رحمةً واسعة على ما قدمه للمؤلف من مساعدات قيمة كان لها عظيم الأثر في إخراج هذا العمل إلى النور ..

كمـــا أن أتوجه بأسمى آيات الشكر والتقدير إلى والديّ الكريمين لما بذلاه من أجلـــى .. أطـــال الله فـــى عمرهما ومتعهما بالصحة والعافية وجزاهما عنى خير الجزاء فى الدنيا والآخرة.

وأدعـــو الله ﷻ أن يســـدد على طريق الحق والهدى خطانا ويجعل هذا العمل خالصـــاً لوجهـــه الكـــريم وأن يـــنفع به المهتمين بعلم البردي من الناحية الأثرية والتاريخـــية والنباتـــية وكذلـــك المهتميـــن بترميم البرديات الأثرية في الحفائر أو المـــتاحف أو المكتبات وأن ينال هذا العمل من التقدير بقدر ما بُذل فيه من الجهد، إنـــه نعـــم المولى ونعم النصير، فلله الحمد فى الأولى والآخرة، وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين.

د. عبد اللطيف أفندي

مقدمة

يعتبر البردي من أكثر مواد الكتابة استخداماً في مصر القديمة ، سجلت عليه مختلف النصوص الأدبية والإدارية والدينية ، والحضارة المصرية تعتبر من أغنى الحضارات القديمة من حيث الكم الهائل من أوراق البردي التي احتوت على موضوعات متنوعة لم تشهدها كثير من الحضارات المعاصرة.

فأوراق البردي إحدى هبات مصر الفريدة للحضارة الإنسانية ، وصناعة أوراق البردي عبقرية انفرد بها الإنسان المصري ، وقد رافقت أوراق البردي مسيرة الشعب المصري على درب التاريخ فترة طويلة من الزمان ، تمتد من الألف الثالثة قبل الميلاد وحتى القرن الثاني عشر بعد الميلاد ، ووثائق البردي هي تراث مصري أصيل ، كما تعتبر سجل للتاريخ والحضارة المصرية.

وذكر المؤرخ الروماني بليني Pliny من القرن الأول الميلادي أن "معرفتنا بالحضارة والتاريخ الإنساني تعتمد على أوراق البردي" ، وهذه مقولة صادقة ، فتراث البردي يختلف عن غيره من الآثار في كونه يحتوى على نبض الحياة – علم الإنسان وفكره – عاطفته وأحاسيسه – دينه وثقافته ، فوثيقة البردي تسجل فكر وإبداع السابقين بأقلامهم وأفواههم ، فهي شاهد عيان على الزمان والمكان ، فأينما وجدت البرديات وجد التاريخ الصحيح.

وتعد وثائق البردي ثروة قومية تزخر بها العديد من المكتبات والمتاحف ، فلا تكاد تخلو مكتبة أو دار حفظ أو معهد أو جامعة أجنبية من هذه البرديات ، وتوجد البرديات في مصر في العديد من المتاحف مثل المتحف المصري والمتحف اليوناني الروماني والمتحف الإسلامي ، والعديد من المجموعات الخاصة ، وتحتاج تلك المجموعات لمجهودات هائلة في العلاج الصيانة ، وهنا يبرز دور القائمين على العلاج والصيانة تجاه هذا التراث الحضاري وإنقاذه قبل ضياعه.

المحتويات

الفصل الأول
أدوات ومواد الرسم والكتابة

الفصل الثاني
البردي ، دراسة نباتية وأثرية

الفصل الثالث
صناعة أوراق البردي

الفصل الرابع
عوامل تلف البردي

الفصل الخامس
علاج وصيانة البردي

١

الفصل الأول
أدوات ومواد الرسم والكتابة

أولاً: أدوات الكتابة
ثانياً: الأحبار والألوان المستخدمة على البردي

الفصل الأول
أدوات ومواد الرسم والكتابة

أولا: أدوات الكتابة :

يــتم صنع المخطوط بتوافر ثلاث وسائل هى: مادة يكتب عليها (بردى – ورق – رق...)، ومــداد يكتــب به (أسود – أحمر – ...)، وأداة للكتابة (قلم – بوص – فرشــاة – ...). والكاتــب القديــم كان يكتب على الجلد وعلى الخشب وعلى الحجر وعلــى الفخار وعلى الأستراكا التى يجمع المتحف المصرى الكثير منها والتى شاع اســتخدامها لرخص ثمنها عن ورق البردى، وكان يدون عليها الشئون التى لا حاجة لحفظها، وكانت مصر أسبق الأمم لصنع حامل للكتابة من نبات البردى.

1- مسطحات الكتابة:

حيــنما نمســك بكتاب مخطوط أو بلفافة مكتوبة فإن أول سؤال يتبادر إلى ذهن الباحــث الأثــرى هــو الطــريقة التى صنعت بها هذه المادة، ثم يحاول الكشف عن المكونات الأولى التى تشكلت بها هذه الصحيفة أو تلك اللفافة، على سبيل المثال مادة الــبردى النباتية التى استعملت على شكل لفافات قد تفوق العشرة أمتار قد صنعت من سيقان نبات البردى الذى كان ينمو فى دلتا النيل، أما مادة الرق فهى تنحدر من أصل حــيوانى خلافــاً للــبردى فكانــت تؤخذ من جلود الماعز، الخروف، الثور، الغزال وحــيوانات أخــرى، ويخــتلف نوع الرق بحسب نوعية الجلد. أما الورق فهى مادة مصنوعة من ألياف نباتية محولة إلى عجينة ثم تفرد وتجفف لتشكيل ورقة.

هــذا وقد تطورت مواد الكتابة فاستخدم الإنسان كل ما أتاحته له بيئته، الأمر الــذى تنوعــت معه المواد التى خط عليها من عصر لآخر ومن دولة إلى أخرى، فبيــنما ســجل المصريون القدماء حضارتهم على ورق البردى والأحجار المختلفة ســجل المسماريون كتابتهم بالضغط بآلة مدببة على ألواح الطين اللينة قبل جفافها، كمــا اســتعمل فــى العصور القديمة البرونز وآجر الطين وألواح الخشب وجذوع الأشــجار، واستعمل الصينيون قديماً القواقع والعظام والأحجار والخزف أو الفخار والخشب.

أمــا العــرب فــى عصر ما قبل الإسلام استعملوا بدورهم الحجارة والعسب والكرانــيف والأكتاف والأضلاع واللخاف والتى تعنى الحجارة الرقيقة، كما كتبوا علــى المهــارق. أما فى حضارات بلاد النهرين (الآكادية والسومرية والآشورية

والبابلية) فقد انتشرت مادة الطين بوصفها أهم مواد الكتابة وذلك لأنه عثر على ألواح كثيرة من الطين مكتوبة بالمسمارية.

ويمكن القول أن المواد الأكثر استعمالاً فى الحضارات البشرية هى البردى والرق والورق، وفيما يلى نبذة عن أهم المواد التى استخدمت قديماً كحامل للكتابة.

1-1 الحجارة واللخاف:

استخدمت الحجارة كمواد للكتابة، فقد سجلت عليها بعض خطوط اللغة المصرية القديمة (الهيراطيقية – الديموطيقية – القبطية)، وعرف العرب الكتابة على اللخاف، وهى الحجارة البيضاء والتى كتب عليها القرآن.



صورة رقم (1) قطعة من الحجر (الاستراكا) عليها كتابات – المتحف المصرى

مثل قطعة من الحجارة يعود تاريخها إلى زمن الخليفة هشام بن عبد الملك (105-125هـ/724-743م) كتبت بخط قريب لخطوط برديات قرة بن شريك. ويحتفظ المتحف البريطانى بقطعة من اللخاف وجدت فى سامراء بالعراق، وترجع إلى القرن الثالث الهجرى (التاسع الميلادى). كما عثر على قطعة من اللخاف فى فلسطين بها فاتحة الكتاب وآيات من سورة البقرة وأدعية دينية كتبت بخط رديء.

2-1 الأكتاف والعظام والأضلاع:

كتب العرب على أكتاف[1] وعظام[2] وأضلاع[3] الإبل والأغنام، والماعز خاصة العريض منها، فاستخدمت جميعاً كمواد للكتابة فى صدر الإسلام، وكتب عليها القرآن الكريم. وكان العظم يثقب ليمكن جمعه فى خيط من الجلد.

1- الكتف: عظم عريض خلف المنكب تكون للإنسان والحيوان. (المعجم الوسيط، مادة كتف).

2- العظم:الذى عليه اللحم من قصب الحيوان، والجمع أعظم وعظام. (ابن منظور، لسان العرب، مادة عظم)

3- الضلع: عظم من عظام قفص الصدر منحن وفيه عرض. (المعجم الوسيط، مادة ضلع).



صورة رقم (2) حامل كتابة من العظم - المتحف المصرى

وخلال عمليات التنقيب الأثرى بأدفو عام 1922-1924 عثر على قطعة من العظم عليها كتابة عربية، كما يوجد بمجموعة "شوت راينهارت" بألمانيا كتف ماعز برقم سجل 1204 ربما يعود تاريخه إلى القرن الأول الهجرى (السابع الميلادى)، وبدار الكتب المصرية بالقاهرة كتف برقم سجل 1887، وبالمتحف المصرى القطعة رقم SR.520.

1-3 الفخار والخزف:

استخدم الفخار والخزف(4) كمواد للكتابة، وعرفها العرب وكتبوا عليها فى فجر الإسلام. ومن اللافت للنظر خلال عمليات التنقيب الأثرى، وجود وفرة من قطع الخزف القبطية واليونانية بالمقارنة مع قطع الخزف العربية، ففى بعثة عام 1923/ 1924 بأدفو عثر على مئات القطع القبطية واليونانية. وتعد مجموعة المتحف المصرى بالقاهرة من أغنى مجموعات الخزف، تليها مجموعة برديات مكتبة جامعة وارسو، والتى تضم ست عشر قطعة ثم مجموعة متحف برلين وتضم أربع عشرة قطعة، ثم مجموعة الأرشيدوق راينر بفينا بالنمسا وتضم عشر قطع، ثم مجموعة دار الكتب المصرية بالقاهرة وتضم ست قطع، وتمتلك مكتبة جامعة هامبورج قطعة واحدة.



صورة رقم (3) حوامل كتابة من كسر الفخار والخزف- المتحف المصرى

4- الخزف: ما عمل من الطين وشوى بالنار فصار فخاراً. (ابن منظور: لسان العرب، مادة خزف). انظر أيضاً: (ابن دريد: جمهرة اللغة. مادة خزف).

1-4 العسب والكرانيف:

استخدم عسب النخيل[5] والكرانيف[6] كمواد يكتب عليها نظراً لتوافرها ولسهولة الحصول عليها فى مثل تلك البيئة الصحراوية، إذ كانوا يكشطون الخوص ويكتبون فى الطرف العريض. ويذكر "بلينى" Pliny أن المصريين أول من استعمل عسب النخل كحامل للكتابة عليه، واستعمل على نطاق واسع فى الهند وسيريلانكا، والأقطار الشرقية الأخرى، وكان الكتاب يتكون من ربط عدد منها بالحبال. واستعمل العسب فى صدر الإسلام، كذلك استعملت الكرانيف كحامل للكتابة.

1-5 الألواح ولحاء الشجر:

استخدم الإنسان الألواح ولحاء الشجر كمواد للكتابة عليها.

واللوح **(بالفتح)**: كل صفيحة عريضة من صفائح الخشب. ووردت كلمة لوح فى القرآن الكريم فى حالتى الإفراد والجمع فى قوله تعالي: {بَلْ هُوَ قُرْآنٌ مَّجِيدٌ، فِي لَوْحٍ مَّحْفُوظٍ}[7]، وقوله: {وَكَتَبْنَا لَهُ فِي الأَلْوَاحِ مِن كُلِّ شَيْءٍ مَّوْعِظَةً وَتَفْصِيلاً لِّكُلِّ شَيْءٍ}[8]. قال الحسن فى تفسير الألواح التى نزلت على موسى- عليه السلام - أنها الخشب.



صورة رقم (4) لوح تلميذ مكون من جزئين
من الخشب مغطى بالشمع يحتوى على كتابة يونانية- المتحف المصرى

وقد صنع اليونانيون والرومانيون كتباً من الألواح الخشبية المغطاة بطبقة من الشمع أو الطباشير، تربط هذه الألواح معاً بشريط جلدى لتكون ما يسمى بـ Codex.

وفى أثناء عمليات التنقيب الأثرى للمعهد الفرنسى للآثار الشرقية فى مدينة إدفو عام 1922 عثر على قطعة شبه دائرية من الخشب عليها كتابة عربية كما

5- العسيب: جريدة من النخل مستقيمة دقيقة يكشط خوصها. (ابن منظور: لسان العرب، مادة عسب).

6- الكرانف: ما يبقى فى الجذع بعد قطع السعف. الواحدة: كرنافة، والجمع: كرانيف. (المعجم الوسيط. مادة كرنف).

7- سورة البروج: آية 21-22.

8- سورة الأعراف: آية 145.

عـثر علـى لـوح خشبى بوجهه ثلاثة أعمدة لكتابة قبطية، وبظهره كتابة عربية، بعـض هـذه الألـواح الخشبية محفوظ بمجموعة برلين وهايدلبرج، ففى مجموعة أوراق البـردى بمـتحف برلين توجد قطعة من الخشب برقم سجل 10504 مغطاة بطـبقة من الطباشير، ومزينة بزخارف كتبت الهجائية اليونانية مع الأعداد القبطية على الوجه، وبالظهر سطران لكتابة عربية وفى مجموعة معهد البرديات بهايدلبرج يوجـد لوح خشبى أبيض ذا إطار زخرفى برقم سجل 1205، وبوجهه الآيات من 144 إلى 152 من سورة الأعراف، وبأسفله نص من العصر المملوكى.

ويحـتفظ المـتحف المصـرى بالقاهـرة بلوح خشبى غير مغطى بطبقة من الطباشـير برقم سجل 6003، كتبت سورة الفاتحة على أحد جانبيه، وعلى الجانب الآخـر آيـات من سورة البقرة وبعض كتابات من لفظ الجلالة. على أن أهم قطعة لـوح خشبية محفوظة بدار الكتب المصرية بالقاهرة برقم سجل 39528 كتب جزء من سورة الفجر على الوجه، وبالظهر آثار باقية لسبعة أسطر ترجع فيما يبدو إلى القرن الثانى الهجرى (الثامن الميلادى).

1–6 الزجاج :

اسـتخدم الـزجاج كحامل للكتابة إلا أن ذلك كان نادراً ويضم المتحف المصرى بالقاهـرة قطعة من الزجاج برقم سجل 7023/4، يعود تاريخها إلى القرن الثانى عشر المـيلادى (السـادس الهجرى)، كما تحتوى مجموعة المتحف أيضاً على قطعة زجاج برقم سجل 5980، يعود تاريخها إلى القرن الرابع عشر الميلادى (الثامن الهجرى).

1–7 المعادن :

اسـتخدم اليونانـيون والرومانيون قديماً المعادن كالذهب، والبرونز، والحديد، والـنحاس، والرصـاص كحامل للكتابة، ذكر عبد العزيز الدالى أنها لم تستخدم إلا لتدويـن نصوص قصيرة أو رسائل صغيرة، غير أن قانون "الألواح الأثنى عشر" كتـب على ألواح من البرونز مما يدل على أن المعادن استخدمت لتدوين نصوص طويلة، ويوجد مثال بالمتحف المصرى رقم SR.519.



صورة رقم (5) لوحة صغيرة من الرصاص مكتوبة بالإغريقية – عصر رومانى – متحف مصرى

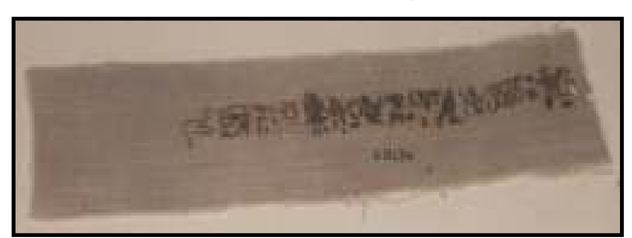
1-8 المهارق :

هى الصحف البيضاء من القماش، وهو لفظ فارسى معرب يعرفه ابن منظور بأنه: ثوب حرير أبيض يسقى بالصمغ، ويصقل ثم يكتب فيه، وتسمى "مُهركرد" فأعربته العرب وجعلته اسماً واحداً فقالوا: "مهرق"، ويقال أيضاً: المهارق كرابيس (ثياب من القطن الأبيض) تصقل ويكتب فيها، أما التبريزى فيعرف المهارق بأنها: الصحف، وكان الناس يكتبون فيه قبل أن تصنع القراطيس بالعراق، ويبدو أن هذا النوع من مواد الكتابة كان قليل الاستخدام فى شبه الجزيرة العربية؛ لأنه كان يجلب مع القوافل التجارية من البلاد الأخرى، لذلك كانوا لا يكتبون فيه إلا كل أمر عظيم. ولا يقال للكتب مهارق حتى تكون كتب دين، أو كتب عهود وميثاق.

1-9 القباطى :

القبط هم أهل مصر، والأقباط اسم أعطاه العرب للمصريين قبل الفتح وبعده، وفى الحديث النبوى "استوصوا بالقبط خيراً"، وقد اشتهر نوع من النسيج عرف باسم القباطى. وهى ثياب رقيقة بيضاء، كانت تصنع بمصر من الكتان؛ الذى كان يزرع فى مصر منذ أقدم العصور، وكثر استعماله فيها إلى جانب الحرير فى فجر الإسلام.

ومن المحتمل أن تكون الكتابة على الكتان قد أخذها العرب عن الهنود، وقد اشتهرت بوصير وسمنود بإنتاجهما نوعاً من الكتان يصدر كمادة حاملة للكتابة، وكان يستخدم كصرة ترسل فيها النقود، ويُكتب عليها اسم المرسل والمرسل إليه، كما فى مجموعة أوراق البردى للأرشيدوق راينر بفينا، كما يستخدم لسد أفواه الجرار والأباريق، وكتب عليه عقود زواج بمجموعة أوراق البردى للأرشيدوق راينر.



صورة رقم (6) كتابات مصرية قديمة على حامل من الكتان – المتحف المصرى

1-10 الجلد :

هناك ثلاثة أسماء تشير إلى الجلود وهى الرق، الأديم، القضيم، وكلها أنواع من الجلود. أما الرق فهو ما يرقق من الجلد ليكتب فيه، والأديم هو الجلد المدبوغ.

والقضـــيم هـــو الـــرق الأبيض ومنه القضيمة أى الصحيفة البيضاء، وعرف من القضيم نوعان: أحدهما القضيم الجاف: وهو جلد صلب يتم تحضيره باستعمال ماء الجـــير علـــى غـــرار طريقة تحضير البارشمنت فى العصور الوسطى، والآخر: القضيم اللين: وهو جلد لين تم تحضيره فى العصر العباسى باستعمال التمر المخمر وهى طريقة صناعة كوفية.

والـــرق يؤخذ من عجل أكبر سناً ويكلف ثمناً أقل من القضيم، وقد يكون من الصعب أحياناً معرفة نوع الحيوان الذى استخلص منه الجلد نظراً للعمليات الكثيرة التى يتعرض لها الجلد مثل التبييض والترقيق والتليين.

وقـــد اســـتخدم الجلـــد كحامل للكتابة قبل الإسلام، وقد انتشرت دباغة الجلود انتشاراً واسعاً جنوبى الجزيرة العربية حينما بدأ الفرس يبنون المدابغ فى اليمن أيام حكمهم لها بعد عام 570م.

وعرفـــت الطـــائف ونجران بصناعة الجلود التى كانت تنتج وتصدر بصورة كبـــيرة، لذلـــك يقال أن الفرس كانوا يكتبون فى جلود البقر والغنم. وكان الرومان يكتبون فى الفلجان (جلود الحمير الوحشية). وكتب على الجلد زمن الرسول – □– فكتبت أجزاء من القرآن الكريم عليه. وفى خزانة الخليفة المأمون وثيقة كتبها عبد المطلب بن هاشم جد الرسول – ﷺ – على الجلد.

وبمجموعـــة دار الكتب المصرية بالقاهرة قطعتان من الجلد كتبت أحداهما فى ســـنة 233هـ/847 م، والأخـــرى مؤرخـــة بسنة 329هـ /854 م، وتضم مجموعة بـــرديات مـــتحف برليـــن أربـــع وثائق عربية كتبت على الجلد مؤرخة فى أعوام 285هـ/ 302هـ.

وتضـــم مجموعـــة برديات متحف برلين أربع وثائق عربية كتبت على الجلد مؤرخة فى أعوام 285هـ ، 302هـــ، 722هـ .

والـــرق كـــان هـــو المادة المهيمنة إلى حدود القرن الثالث عشر الميلادى فى صـــناعة الكتاب، وبعد ذلك ظلت تلك المادة مستعملة لدى الأمراء، والجهة السفلى فى الرق تكون أكثر وضوحاً وبياضاً من الجهة العليا، وقد كتب على بن أبى طالب – رضي الله عنه – على رق الغزال الوثيقة التى أهديت بها تميم قطعة من الأرض.

وقد استخدم الرق كمادة للكتابة منذ القدم، وفضله المسيحيون فى القرن الرابع المـــيلادى (خاصـــة فى إيطاليا) حيث كان يستخدم فى قاعات النسخ داخل الأديرة والكـــنائس والـــتى كانت تعرف بالاسكربتوريا Scriptoria. وكان يصنع من جلود

الخراف والماعز والبقر والغزال وربما الحمير، وكان جلد الخراف هو الأكثر استخداماً لهذا الغرض.

واستخدمه العرب وورد ذكره فى القرآن الكريم فى قوله تعالى: {وَالطُّورِ، وَكِتَابٍ مَّسْطُورٍ، فِي رَقٍّ مَّنْشُورٍ}(9).



صورة رقم (7) أنشودة مكتوبة باللهجة البحيرية على حامل من الرق – المتحف المصرى

وقد وجدت عدة مجلدات كاملة من تلك الرقوق منها ما هو محفوظ فى المكتبة الأهلية بباريس، وغيرها من دور الكتب الأخرى فى أمريكا ومكتبة الفاتيكان بإيطاليا وليدن بهولندا، كما توجد مجموعة قليلة فى مكتبة المتحف القبطى بمصر القديمة.

وبمجموعة دار الكتب المصرية بالقاهرة توجد مصاحف مخطوطة مكتوبة على رق غزال، وتتراوح مقادير قطع الرق تقريباً بين 49 × 24سم و48 × 1.8 سم. وقيل أنها تتراوح بين 85.2 × 82سم و4.8× 1.8سم.

وأشار آخرون إلى أن كلمة (برجامين) تعنى جلد برجام وهى المدينة التى ابتدئ فيها دباغة جلود الخراف والماعز، فتلك المادة أكثر صلابة ومقاومة، ويمكن القول أن الرقوق بخلاف مواد أخرى مثل القباطى والمهارق كانت أكثر شيوعاً وكانت هى المادة الأساسية التى يكتب فيها العرب، وقد كتبت بها المصاحف والمؤلفات فى العصرين الأموي والعباسي قبل أن يشيع استعمال البردى والورق بعد ذلك. وعلى الرغم من وجود الورق فقد بقيت بلاد المغرب تؤثر استعمال الرقوق مع وجود القرطاس لديها.

ويرد بن خلدون هذا الاستمرار إلى رغبة العلماء فى تشريف مكتوباتهم فالرق عنوان الشرف والإتقان، ويذهب الغربيون إلى نسبة اختراع الرق إلى (أدمين II)

9- سورة الطور، آية 1 : 3.

ملك برجام والذى أراد أن يتخلص من الهيمنة المصرية على أوراق البردى، ويؤكد على أنه ابتداءً من القرن الثالث ق.م كانت هناك معالجات للجلود بشكل يجعلها أكثر ملائمة للكتابة، وأن برجام كانت مركزاً هاماً لصناعة الرق.

ويرجع أيضاً هذا الإقبال على مادة الرق من ملك برجام إلى أن مكتبته ضعفت بسبب اختفاء البردى من أسواقه فلجأ لإحياء طريقة الكتابة على جلود الضأن المدبوغة والعجول، وهكذا بدأت برجام العمل على استنباط الوسائل الكفيلة بترقيق الجلود وشدها وجعلها صالحة للكتابة بشكل أفضل وتمكنوا بعد كثير من التجارب من صنع جلود رقيقة مرنة تتحمل الاستعمال الطويل، ويساعد سطحها على إبراز الكتابة المسجلة فوقه بواسطة الأقلام بشكل واضح إضافة إلى مقاومتها ضغط القلم، فلا يخشى عليها الثقب أثناء الكتابة كما هو الحال بالنسبة لأوراق البردى، ويمكن صنعها فى أى مكان. فضلاً عن ذلك فإن متانة الرقوق ومرونتها وقوة احتمالها جعلت استخدامها على هيئة كراريس (Codex) أمراً ممكناً.

طريقة عمل الرق:

1- تغسل الجلود وتنقع فى حمام من ماء الجير المطفأ حديثاً (Liming) إلى أن يفقد الشعر تماسكه بالجلد ويتم خلال النقع فى نفس الوقت إزالة الدهون العالقة بالجلد من الجانب الآخر (Degreasing).
2- ترفع الجلود من ماء الجير وتغسل ويتم كشط الشعر باستعمال سكاكين غير حادة (Dehairing) وتتم عملية النقع فى الجير وكشط الشعر بصورة تبادلية حتى تمام إزالة الشعر والدهون من الجلد.
3- يتم تنظيف الجلد جيداً بالماء ثم يشد على إطارات من الخشب ويثبت عليها وهو مبلل بالماء (أى وهو لين) وتترك الجلود مثبتة فى إطاراتها إلى أن يتم جفافها مع تغيير مواقع التثبيت من آن لآخر لإزالة التجعدات التى تحدث نتيجة لعملية الجفاف.
4- بعد تمام جفاف الجلد يغطى سطحه بمسحوق الجير ثم يحك ليصقل برفق بحجر الكدان (الحجر الخفاف) (Pumice) وتسمى هذه العملية بعملية التنعيم أو الصقل (Smoothing).

وتوجد مجموعة من المعايير التى يجب على دارس المخطوطات أن يكون على بينة منها لتمييز الجهة العليا من الجهة السفلى للرق، ومن ذلك مسألة اللون، فعادة ما تكون الجهة السفلى فى الرق أكثر وضوحاً أو أكثر بياضاً من جهة الشعر،

وهــذه المقابلـــة تلاحظ جيداً فى بعض المخطوطات دون أخرى.. ومن ذلك أيضاً معيار الليونة فى الجلد.

ويمكـــن أن تـــأخذ الجهـــة السفلى والجهة العليا نفس اللون الأبيض، إلا أنهما يخـــتلفان مـــع ذلـــك بالكيفية التى يتقوسان بها، فالجهة السفلى تشكل قوساً محدباً، وتشكل الجهة العليا قوساً مقعراً.

وذكـــر لومير أن الرق لم تزدهر صناعته إلا فى نهاية القرن الثانى عشر حيث أن تلـــك الفترة تزامنت مع ظهور الجامعات الكبرى، كما أنها عرفت انفتاح صناعة الـــرق على غير رجال الدين، ومع هذا بقيت تلك المادة مكلفة حيث أن بعض الكتب كانت تتطلب أكثر من مائه قطعة جلدية، فهذا الأمر هو ما يفسر لنا انتشار الطروس أو الطلـــوس أى إعادة استعمال الصحائف التى سبق أن كتبت، فكانت تلك الصحائف الرقـــية تصقل بهدف محو الكتابة الأولى، وعندما تزول الآثار يبدأ الناسخ فى كتابتها من جديد، وغالباً ما كانت تبقى الكتابة الأولى ظاهرة فى بعض أجزاء الكتاب.

ويمكـــن القـــول باختصـــار أن أهم عامل أسهم فى تيسير استعمال الرق فى العصـــور الوســـطى ســـواء عند الغرب أو الأقطار العربية إنما هو المنافسة التى تعرضت لها هذه المادة من جراء انتشار استعمال مادة الورق.

1-11 الورق:

جـــاءت كلمـــة "وَرَق" أساساً من ورق الشجر ثم اشتقت منها كلمات: ورّاق، ورْق، مُورَق الكتب. والورّاق يقصد بها فى اللغة "الرجل كثير الدراهم"، كما تعنى أيضـــاً العـــامل فـــى صناعة الورق. أما "الورْق" فبمعنى الفضة، فقد جاء فى قوله تعـــالى {فَابْعَـــثُوا أَحَدَكُـــم بِوَرِقِكُمْ هَذِهِ إِلَى الْمَدِينَةِ فَلْيَنظُرْ أَيُّهَا أَزْكَى طَعَامًا فَلْيَأْتِكُم بِرِزْقٍ مِّنْهُ وَلْيَتَلَطَّفْ وَلَا يُشْعِرَنَّ بِكُمْ أَحَدًا}[10].

وكلمـــة "مـــورق الكتـــب" أى الذى يحترف الوراقة، مثل بيع الكتب ونسخها وخطهـــا وتجلـــيدها وتذهيبها. والورق مادة مصنوعة من ألياف نباتية محولة إلى عجينة ثم تفرد وتجفف لتشكل الورق.

وكانـــت تمر صناعة الورق بعدة مراحل؛ ففى البداية توضع الخرق البالية فى القـــدور ومعها محلول قوى من الماء المستخلص من رماد الخشب، وتغسل الخرق جـــيداً ثـــم تدق بالمطرقة فوق كتلة حجرية قوية حتى تتحول إلى عجينة طرية ثم يضـــاف المـــاء إلـــى العجينة حتى تشبه سائل الصابون، ثم يصب هذا السائل فى

10- سورة الكهف: آية 18.

مصفاة (تصنع من خيرزان أو من الخشب) فيسقط ما به من ماء، بينما تبقى داخل المصفاة طبقة مكونة من مجموعة من ألياف متماسكة هى فرخ الورق المطلوب صنعه، ويؤخذ هذا الفرخ وينشر فوق لوح مسطح ليجف تحت أشعة الشمس، ويصبح صالحاً للكتابة.

والصانع كان يخصص الخرق البيضاء لصناعة الأوراق البيضاء بينما يحتفظ بالخرق الملونة للأوراق ذات الألوان المتنوعة، علماً بأن الصناع كان بوسعهم أن يستعملوا كل الألوان المعروفة من الأحمر والأزرق والأخضر والأصفر. وظهر تلوين الورق منذ القرن الثالث م.

والورق تشكل من مواد تنوعت بمرور الزمن، فقد كان الناس قبل الميلاد بحوالى قرنين قد بدءوا فى تقطيع خرق الحرير إلى أجزاء صغيرة وتركها فى الماء حتى تتحول إلى عجينة ناعمة وتجفيفها حتى تصبح نوعاً من الورق الخفيف وظلت المادة التى صنع منها غالية إلى أن اكتشف تساى لون Tsai Lun سنة 105 م طريقة لاستخدام مواد رخيصة مثل قشور النباتات ونفايات القطن وشباك الصيد البالية وكان هذا الاكتشاف الخطوة الفاصلة.

وهكذا يتبين لنا أن المادة الأولى لصناعة الورق كانت هى الحرير ثم بعد ذلك قشور النباتات ونفايات القطن.

وتعلم العرب صناعة الورق من صناع صينيين وقعوا فى الأسر عندما سقطت سمرقند عام 712م، إذ يروى أن زياد بن صالح حاكم سمرقند قام بغزوة ضد إخشيد فرغانة الذى كان يؤازره إمبراطور الصين، ودارت المعركة وانتصر المسلمون وأسروا عشرين ألفاً جاؤا بهم إلى سمرقند، وكان بين هؤلاء الأسرى صناع الورق الصينى، وظل يصنع ورق سمرقند تحت اسم "ورق سمرقند" أو "ورق خراسان" وأقدم ورقة منه وجدت فى مجموعة فيينا يرجع تاريخها لعام (180–200هـ).

وكان الورق الصينى يسمى الكاغد فسماه العرب نفس الاسم بعد تعديل محتوياته وتنقيته، ويحتمل أن الورق كان يصنع فى القرن الثالث الهجرى فى بلاد ما وراء النهر فقط، ويرجح أنه فى القرن الرابع الهجرى كانت توجد مصانع للورق فى دمشق وطبرية بفلسطين وطرابلس بالشام، إلا أن سمرقند ظلت أكبر مركز لصناعة الورق.

وذكر ابن خلدون أن الفضل بن يحيى تعرف على صناعة الورق أثناء ولايته على خراسان، ثم أدخل صناعته فى بغداد أيام هارون الرشيد أواخر القرن الثامن

الميلادي، فأنشأ أول مصنع للورق فى البلاد الإسلامية فى بغداد عام (794هـ)، ثم أنشئت مصانع للورق فى الشام، وفى سائر أنحاء الخلافة الإسلامية حيث انتقل لبلاد المغرب العربى، ويذكر الحلوجى أنه لم تدخل صناعة الورق مصر إلا متأخراً معللاً السبب توفر البردى آنذاك.

ثم انتقلت صناعة الورق من العرب لأوروبا فى القرن 12م وذلك عندما أدخلها العرب أنفسهم إلى الأندلس، وترجح آراء المؤرخين أن أقدم وثيقة عربية مخطوطة على الورق العربى ترجع إلى القرن التاسع تحديداً عام 866م.

وأول ظهور للورق الكاغد فى مكة المكرمة عام 707م، ثم فى مصر عام 800م وذكر الثعالبى فى لطائف المعارف (أن كواغيد سمرقند عطلت قراطيس مصر)، ويقصدون البردى، وظهر الورق فى الأندلس عام 950م، وفى القسطنطينية عام 1100م، وظهر فى صقلية عام 1102، وفى إيطاليا عام 1154م، ثم ألمانيا 1228م، ولم يصل إلى إنجلترا إلا حوالى عام 1309م.

2- لوحة الكتابة (الدواة - المحبرة)

لم يكن الفنان المصرى عادة يقوم بتلوين مساحات كبيرة بلون واحد، ولهذا كان يتم تحضير الألوان المطلوبة بكميات صغيرة تحفظ داخل فراغات بيضاوية أو مستديرة ببالته الألوان، وشكل البالته عادة كان يختلف حسب استخدامها، ففى حالة عمليات الكتابة كانت تشتمل على لونين الأحمر والأسود مع وجود مكان لأقلام الكتابة، أما فى حالة استخدامها فى عمليات التلوين فإن الفنان يحتاج إلى عدد كبير من الألوان، لذلك فإنها كانت تتضمن عدد أكثر من الألوان.



صورة (8) علامة الهيروغليفية SS تمثل لوحة الكتابة والفرشاة - مقبرة اي رى- سقارة الأسرة 15

وكانت العلامة الهيروغليفية SS المبينة فى [صورة 8] تشير إلى لوحة الكتابة التى كان يستخدمها الكاتب المصرى فى العصور القديمة، وكانت تصنع من مواد شتى أهم هذه المواد الخشب أو العاج أو بعض الأحجار كالمرمر أو الرخام والحجر الجيرى وكانت مستطيلة الشكل بها فى الغالب سبع فتحات صغيرة توضع فيها الألوان وأحياناً تكون على هيئة علبة مزدوجة الوظيفة تستخدم كمقلمة أو بالته

فـــي نفس الوقت، ويوجد فى وسطها شق كالجراب لحفظ الأقلام والفرشاة وفجوات أخرى لاحتواء أقراص الألوان.

غالــباً ما توجد على يسار لوحة الكتابة المقلمة، وهى عبارة عن ساق سميكة مــن الغاب المجوف أو غيره، مشكلة على هيئة ساق من البردى ويربطها باللوحة خيط رفيع يتصل بإناء صغير لحفظ الماء المستخدم لإذابة الحبر.

وكانــت بعــض ألواح الكتابة تتكون من شريحتين خشبتين مستطيلتا الشكل، ســمك الواحــدة مــنها أقل من سنتيمتر تقريباً، وزودت الشريحة العلوية بتجويفين دائريــن عند أحد طرفيها بحيث يعلو أحدهما على الآخر، وخصص لحفظ الأحبار ذات اللون الأحمر والأسود وجهزوا الطرف الآخر من تلك الشريحة بشقة مستطيلة لحفظ الأقلام.

وفـــى الدولة الوسطى صنعت هذه الألواح من قطعة خشبية واحدة مستطيلة أو مــن أربــع قطــع خشبية تميزت القطعة الرئيسية الوسطى بكبر طولها والتى يقل ســمكها تدريجياً ناحية أحد طرفيها بحيث ينجم عن ذلك شق مستطيل بحافة بارزة لمــنع انزلاق الأقلام للخارج، وفى الدولة الحديثة بعض هذه الألواح إما من قطعة خشــبية واحدة أو أكثر اتخذت بوجه عام شكلاً مستطيلاً بجوانب مستقيمة، وجهزوا أحــد طرفيها بفجوات يتراوح عددها ما بين فجوتين إلى أربعة عشر فجوة واتخذت هيئة مستطيلة أو بيضاوية.

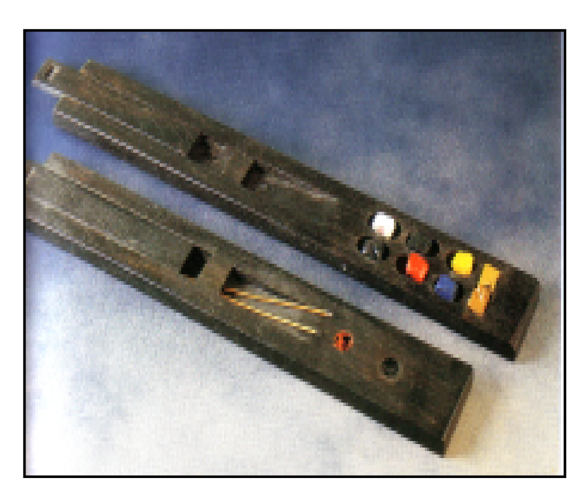
وقد عثر على مقلمتين من الخشب من عصر الاضمحلال الثانى (عصر حكم الهكســوس) إحداهمــا ملساء والأخرى تحوى زخرفة على طرفها العلوى، وتشبه مثيلتها فى العلامة الهيروغليفية، وهى مكونة من أربعة أجزاء متصلة ومثبتة بخيط مــن الكــتان. واللوحــات الــتى تحوى أكثر من تجويفين لحفظ الألوان هى عادة للرسامين وليس للكتابة.

كما وجدت لوحة للكتابة عثر عليها بمقبرة توت عنخ أمون من الأسرة الثامنة عشــر تحمل اسم مريت آمون كان عليها فى الأصل ست ألوان، وكانت تحفر على شــكل قوالــب ثــم يغمس القلم أو الفرشاة فى الماء ليمكن مزجه باللون المطلوب الموجود على اللوح.

محابر الكتابة:

كانت تصنع على هيئة ألواح مستطيلة ذات فجوات كبيرة تحاكى فجوات ألواح الكــتابة، وقــد خصصــت لحفظ كميات كبيرة من الأحبار سواءً اللون الأسود أو

الأحمـر، وإمـا علـى شكل صناديق خشبية مستطيلة بغطاء أو غطائين منزلقين، وترتكـز علـى قوائـم مستقيمة مربعة المقطع، وقد احتوت بداخلها على فجوات للأحبار دائرية الشكل.



صورة (9) نموذج لمحابر الكتابة أو بالتة الألوان (متحف سيراكوزا)

كـان يوجـد بجانب لوحة الكتابة إناء صغير لحفظ الماء اللازم لإذابة المواد ولمحـو الأخطـاء. وفـى العصر الإسلامى أدى الإقبال على التعليم والكتابة إلى العـناية بأدواتهمـا فحرص الصناع المسلمون على إتقان هذه الأدوات والتفنن فى تزينها حتى صارت تحفاً فنية تبهر الأنظار بجمالها وزخارفها. وكانت تصنع الدواة فـى عصـر ما قبل الإسلام وفى القرون الأولى للهجرة من الخشب أو الفخار ثم أصبحت تصنع من المعادن أو الزجاج ثم تطورت بعد ذلك الأساليب الصناعية فى إنـتاج الـدوى حيث أدخلت عليها العديد من الحليات والزخارف الهندسية والنباتية والكتابـية، وغال البعض فى صنع الدوى، فبعضها كان يُصنع من الأبنوس المحلى بالذهب.وأحياناً كانت من النحاس الأصفر والفولاذ، وكانت على هيئة مستطيلة ذات غطاء تشتمل عند أحد طرفيها على وعاء المداد، وتحفظ الأقلام فى الجزء الطويل منها، وينبغى للدواة أن تكون غير مربعة حتى لا يتراكم الحبر ويتجمع فى أركانها فيصعب تحريكه والاستفادة منه فيفسد. ومن الصفات التى يفضل وجودها فى الدواة كمـا ذكر القلقشندى أن تكون متوسطة فى قدرها لا باللطيفة ولا بالكبيرة ولا يوجد بها حفر وثنيات حتى لا تحمل اتساخات ولا يوجد عليها نقش ولا صورة.

3- المصحن :

فــى الغالــب كــان مــن الأحجار شديدة الصلابة كالجرانيت أو البازلت أو الكوارتــز وهــو عبارة عن قطعة صغيرة من الحجر فى وسط الجزء العلوى منها تجويــف سطحى يحيط به حافة بارزة ولها مدق صغير مخروطى الشكل من حجر ممــاثل، وتوضع المادة الملونة فى الفجوة المخصصة لصحن الألواح ويتم صحنها بحجر من حجر مماثل شديد الصلادة يسمى المدق حتى تصبح ناعمة تماما.



صورة (10) مصحن ألوان من الجرانيت – متحف سيراكوزا

ويأخذ المصحن أحياناً شكل الخرطوش مع التحديد بخطوط غائرة مع استخدام مدقــة صغيرة تناسب راحة اليد، وفى حالات قليلة يستخدم ملعقة على شكل سكين مــن الخشــب. بعــض مواد الألوان كالسناج والمغرة الحمراء والمغره الصفراء تلتصــق بأرضية التصوير إذا وضعت عليها وهى جافة وتزداد درجة التصاقها إذا بللــت، إلا أن بعــض الألوان الأخرى مثل الأزوريت والملاكيت لا يلتصق بدون اســتخدام وسيط.وغالباً ما كان الوسيط الصمغ أو الغراء لعمل أقراص من الألوان، وكــان الصمغ العربى يستخدم مع جميع الألوان فيما عدا الأسود أو الأزرق فكان يســتخدم معهــا الغراء الحيوانى كمادة لاصقة، وكذلك استخدم الجيلاتين والزلال (بــياض البــيض) وإمكانــية استخدام عسل النحل مع وسيط مائى ليمنع تعرضها للهشاشة بمرور الزمن، وشمع العسل استخدم فى عصر متأخر كمادة رابطة تمزج مــع الألــوان. وأقدم الألواح التى سحق عليها المصرى القديم الألوان لوحة نارمر (نعرمــر) والذى يلاحظ فى وسطها دائرة غائرة بها آثار من مادة الملاكيت وهى مكــان لســحق اللــون، ويوجد بالمتحف المصرى نماذج للمصاحن الحجرية كان الغــرض مــنها الحصول على مزيج ناعم من المادة الملونة بعد ذلك يخلط الصمغ بالماء.

4- تجهيز المواد الملونة :

والمواد الملونة التى تعد للكتابة أو التلوين كانت على هيئة أقراص مستديرة، وفى بعض الأحوال مربعة فكانت تعمل غالباً من الكربون بالنسبة للون الأسود أو بعض المواد المعدنية التى وجدها فى الطبيعة كالأكاسيد بعد أن أعد منها مسحوقاً ناعماً يليه مزجه بالصمغ والماء ثم تجفيفها لتصلح للاستعمال فى التصوير.



صورة (11) بالته بها تجاويف صغيرة يخلط فيها الألوان بمادة صمغية- متحف سيراكوزا

وكانت توضع فى تجاويف صغيرة مستديرة محفورة فى لوح (بالته) وذلك بعد خلطها بمادة صمغية وهذه الأقراص تشابه فى شكلها قطع الألوان المائية التى تستعمل فى الرسم حالياً، فكان القلم يغمس فى الماء ثم يحك على كل قرص المداد.

5- أقلام الكتابة :

القلم اختلفت أشكاله والمواد التى يصنع منها باختلاف المواد التى يكتب عليها، فبدأ الإنسان البدائى الأول كتاباته بأدوات حادة على الأحجار والأخشاب، ثم استعمل مع تطور الزمن الطباشير والفحم والرصاص لتسجيل كتاباته. فنجد عند السومريين القدماء من أهل العراق كان القلم من الحديد أو الخشب ليضغط بها على الطين لنقش الحروف المسمارية، وكتب المصريون القدماء على الأحجار بأقلام النحاس والحديد، وعلى البردى بأقلام من البوص أو الفرجون.



صورة (12) مجموعة من أقلام الكتابة

ومع التقدم الحضارى عرف القلم حيث استخدم المصريون القدماء للكتابة ساقاً من البوص يبرى برياً مائلاً بحيث يسهل معه الكتابة غليظة أم دقيقة بحسب توجيه هـذا البرى، وقد بدأ منذ القرن الثالث قبل الميلاد استعمال القلم المبرى برياً مدبباً فكان يسمى Calamus، وكان هذا القلم يسمح بإعطاء كتابة دقيقة.

وذكر لوكاس أن المصريين القدماء استخدموا أقلاماً كانت تتخذ من نوع معين مـن السـمار يعرف باسم سمار المر الذى كان ينمو بكثرة فى المستنقعات المالحة وبصفة خاصة فى الفيوم.

وكانـت السـيقان تقطع بأطوال مناسبة تتراوح ما بين 16–23سم، ويتراوح قطـرها ما بين 1.5–2.5 سم، ثم يبرى أحد طرفيها حتى يصير مسطحاً كالأزميل ثـم يـدق لتنفصل أليافه فى شكل الفرشاة بحيث يمكن الكتابة بهذا الطرف كل من الكتابات الغليظة أو الدقيقة تبعاً لاختلاف توجيه القلم.

وغالـباً مـا كـان الكاتب المصرى عند كتابته على البردى يستخدم قلم من الـبوص ذو حافـة مفلطحة ومائلة تعمل كالفرشاة، الأمر الذى يجعل الخط يظهر متـنوعاً فى سمكه، وقد ظل قلم البوص مستخدماً فى كتابة النصوص الديموطيقية فـى العصـر الـبطلمى، وفى بعض النصوص اليونانية التى كان كاتبها مصرياً. والنصـوص اليونانية بصفة عامة كانت تكتب بقلم من البوص مدبب الحافة يعمل كالقلم المستخدم فى الوقت الحالى Calamus مما يجعل الخط يظهر رفيعاً ومتساوياً فى سمكه.

ومنذ أواخر العصر البطلمى بدأت النصوص الديموطيقية تكتب بالقلم اليونانى واسـتمر اسـتخدام هذا القلم فى العصر الرومانى أيضاً. ويضم المتحف المصرى بالقاهـرة مجموعة من هذه الأقلام ترجع لعصور مختلفة بعضها محفوظ فى مقالم وإحداها عبارة عن ساق من البوص عليها زخارف حلزونية جميلة، ويضم المتحف المصـرى حزمة من السمار عبارة عن عينات حديثة لهذا النبات الذى كانت تصنع منه الأقلام فى مصر القديمة.

ويضـم أيضـاً المـتحف القبطى مجموعة وافرة من تلك الأقلام من العصر القـبطى، وتوجـد لتلك الأقلام مقالم بعضها خشبية وبعضها جلدية، وقد استخدمت لحفظ الأقلام.

أما عن فرش التلوين (الفراجين) فكانت من سيقان بعض النباتات كنبات الحلفا أو اللـيف أو الجريد أو بعض أنواع من الخوص، تهرس أحد أطرافها حتى تنفصل الألـياف. أو يوضع أحد الطرفين فى الماء فتنتفش وتتفرق الألياف، أو عن طريق

برى أحد الطرفين برياً مائلاً ثم تقضم الألياف بالأسنان حتى تصير كالفرشاة، ويوجد نوع آخر يتكون من حزم من الألياف الدقيقة من نبات الحلفا أو ألياف النخيل، ولو أنها تختلف فى درجة سمكها بما يتناسب والعمل نفسه.

وقد عثر على بعض الفرش التى استخدمت فى التلوين فى مقابر عصر الدولة الحديثة وهى ذات أشكال مختلفة ولازالت آثار الألوان عالقة فى أطرافها. وهى محفوظة فى متحف تورين فى إيطالياً. وكان القلم أو الفرشاة يغمس فى اللون وحتى يسهل للقلم حمل كمية أكبر من اللون فكان يدق نهايته حتى تصبح كالفرشاة، وإذا أراد أن يكون حجمها أكبر فتربط مجموعة منها إلى بعضها.

وفيما يلى أهم أنواع الأقلام التى استخدمت قديماً:

- قلم البوص: يصنع من البوص وجريد النخل ويسمى أحياناً قلم القص.
- قلم الخشب: ويصنع من أغصان الأشجار الرفيعة.
- قلم العظم: ويصنع من العظام الرفيعة بعد أن يدبب رأسها أو من عظام الأسماك الكبيرة.
- قلم الريش: ويصنع من ريش الطيور الملونة.

والعرب قبل الإسلام كانوا قليلى الخبرة بالأقلام، وكانوا يستعملون آلات حادة ينقشون بها كلماتهم فى الحجارة، ولكن على الرغم من ذلك فإن العرب كانوا على علم بالأقلام. وقد مجد الإسلام القلم بذكره فى القرآن الكريم فى قوله تعالى: "إِقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ، الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ[11].

ويذكر جروهمان أن القلم العربى كان على غرار وشكل القلم الرومانى ثم طرأت عليه بعض التغيرات والتعديلات فى الشكل والوظيفة حتى تتلاءم سنون الأقلام مع الخامات المتعددة من برديات وورق. وكانت الأقلام العربية تصنع من السعف أو الغاب فكان يؤتى بهذه المواد من الطبيعة وتبرى ثم تغمس فى المداد ويكتب به، وتطورت الأقلام كثيراً فى العصر الإسلامى حيث ظهر القلم بشكل متقن جيداً فى خطوطه بالشكل الذى يتناسب مع طبيعة الورقة التى يكتب عليها.

وتتضح أهمية مكانه القلم فى الحياة ومظاهرها المختلفة فى العصر الإسلامى فى حرص الخلفاء والولاة على العناية بهذه الأداة الهامة فى التسجيل والتدوين وذكر المقدسى عن خصائص المصريين "أنه لا نظير لأقلامهم".

وذكر القلقشندى صفات القلم الجيد أن يكون صلباً وليس قطره سميكاً ولا رفيعاً ويبرى بعيداً عن العقد فى البوص وأن يكون مستقيماً غير ملتوياً وأن يشقه

11- سورة العلق، آية 3، 4.

مســـتوياً ويكون عود البوص المتخذ منه جافاً تماماً وألا يتجاوز طوله 14–20 سم وسمكه 0.5–1سم وأن القلم سمى قلماً لاستقامته.

ومــن شـــدة اهتمام المسلمين بالقلم وضعوا لمسكته قواعد ولبريه قواعد وقالوا: "عقــول الــرجال فى أطراف أقلامهم". كما اهتموا بصنع المقلمة وهى المكان الذى توضع فيه الأقلام، والمِديه بضم الميم أو كسرها أو فتحها وهى السكين، مسن الأقلام تعلم به إذا ضعفت وتكون دقيقة النصل حادة حتى يبرى بها قلم البوص جيداً.

وكان يوجد ما يسمى بالممسحه وتسمى الدفتر، وتتخذ من خرق متراكبة ذات وجهين ملونين من صوف أو حرير أو غيرهما يمسح القلم بباطنها عند الانتهاء من الكتابة لئلا يجف عليه الحبر.

6- طرق التلوين :

كـــان الفـــنان المصـــرى القديم يقوم بالرسم باللون الأحمر ثم يصححه أستاذه باللون الأسود وكان الرسم عبارة عن رسماً تخطيطاً ثم يملأ بالألوان.

ويكـــون الرسم فى البداية عبارة عن خطوط خارجية أى تحديد للرسم ثم يلون داخله ويسمى فى هذه الحالة بثنائية اللون ثم يملئ المساحات الداخلية، وأحياناً كان يســـتخدم فـــى عملية الملىء قطع من مواد إسفنجية تمتص اللون والماء مثل اللب الداخلـــى لـــبعض النباتات أو ألياف الكتان أو فراء الحيوانات ويسمى هذا التلوين بالمليء، وكان يتم التلوين بالطرق الآتية:

6-1 التلوين بالفرشاة: وقد استعمل أنواع من الفرش هى:

أ – فرشـــاة مـــن الخشب الصلب كانت تغمس فى اللون الداكن ويلون بها مباشرة لعمل الخطوط الخارجية والملامح البارزة.

ب– فرشـــاة مـــن أغصان نباتات ليفية وكانت تقضم بالأسنان حتى تصبح الألياف سائبه ومدلاه من الطرف وكانت تلون بها لمساحات الداكنة.

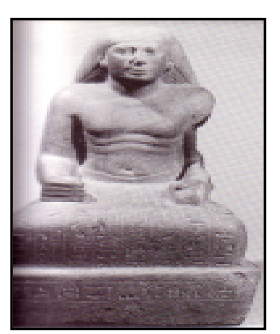
ج– فرشاة من الريش وكانت تلون بها الظلال الخفيفة وذلك باستخدام ألوان مخففة بكثير من الماء.

6-2 التلوين بالرش:

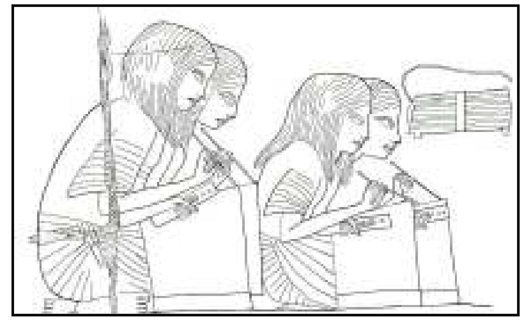
وذلـــك بوضـــع مخلوط من مادة التلوين والماء فى الفم وبخه من بين الشفتين وربمـــا تكـــون هـــذه الطريقة قد استخدمت فى الحالات التى كان يراد فيها إحداث تداخل بين لونين مختلفين.

7- هيئة الكاتب أثناء الكتابة :

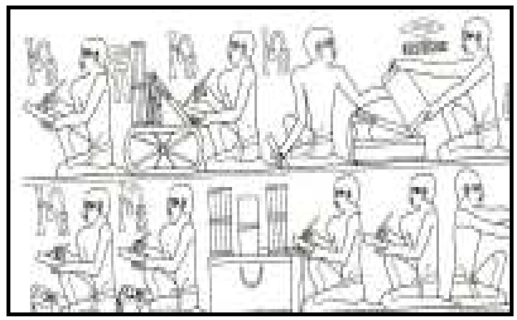
اعتادت النقوش أن تصور الكاتب وهو يؤدى عمله إما واقفاً أو جالساً متربعاً فهــو يكــون واقفــاً عند الكتابة على قطعة صغيرة من البردى حيث تظل الورقة مســتقيمة علـــى راحة يده اليسرى وذراعه الأيسر بينما هو يخط عليها بقلمه الذى بــيده اليمـــنى ويكون جالساً متربعاً عند الكتابة فى لفة كاملة حيث تستقر اللفة على فخذيه بينما هو يمسكها بيه اليسرى وقد فك منه جزءاً كافياً ليكتب عليه بيده اليمنى بادئــاً من اليمين لليسار وعند الانتهاء من هذا الجزء يقوم بفك جزء آخر من لفافة الـــبردي وهكـــذا حـــتى ينتهى من كتابة اللفافة بأكملها وفى هذه الحالة تكون لوحة الكتابة أمامه، وغالباً ما كان يضع الكاتب أقلامه خلف أذنه اليمنى.



صورة (13) هيئة الكاتب متربعاً – طيبة



صورة (14) هيئة الكاتب وهو جالس
مقبرة حور محب– سقارة – الأسرة 18



صورة (15) الكاتب ولوحة الكتابة
مقبرة تى – سقارة – الأسرة 15

8- أسلوب الكتابة على وجه اللفافة (Recto) وظهرها (Verso):

كـــان الكاتب يبدأ سطور كتابته على الجانب ذى الألياف الأفقية من اللفافة وعند الانـــتهاء مـــن هذا الجانب كان يتم موضوعه أحياناً على الجانب الآخر ذى الألياف

الرأسـية غير أن هناك استثناءات لهذه القاعدة منها أن كل الرسائل تقريباً المتبقية من الدولـة الحديـثة كتبـت جوانـبها الـتى تتكون من الألياف الرأسية أولاً، وقد ذكر Moeller أن السـبب فى ذلك هو نعومة الوجه ذى الألياف الأفقية للصفحة أو سهولة الكـتابة عليه حيث لا تتعارض سطور الكتابة واتجاه الألياف بينما هى تتعارض مع الألـياف الرأسـية. وعارضه فى ذلك Cerny فذكر أن كل أوراق البردى التى بقيت مـن الدولـة القديمـة والدولة الوسطى وجدت سطور الكتابة عليها رأسية أى عكس الألـياف الأفقـية للصفحة وأن معظم الرسائل التى وجدت مكتوبة على الجانب ذى الألياف الرأسية كانت سطور كتاباتها أفقية وهو عكس اتجاه الألياف.

ويـبدو أن سـطور الكتابة الرأسية كانت تتعرض للتشويه أثناء الكتابة بسبب حـركة يـد الكاتب من أسفل الصفحة لأعلاها قبل جفاف حبر الكتابة تماماً ولذلك بدأت السطور الأفقية تأخذ سبيلها للظهور خلال عصر الأسرة الثانية عشر واستمر الكتـبة بعـد ذلك يستخدمون الاتجاهين من الكتابة الرأسية والأفقية جنباً إلى جنب لدرجة أنهم كانوا يستخدمونها معاً فى نفس اللفة الواحدة مثل بردية برلين.

وكـان سـطح الورقة الذى يصقل ويعالج ويكتب عليه يسمى "الوجه" Recto وهـو السطح الداخلى للفافة، كما كان سطح الورقة الذى لم يصقل ولم يعالج يسمى "الظهر" Verso. وتجدر الإشارة هنا إلى أنه ربما كان من آداب التراسل ألا يُكتب على الظهر؛ إذ كانت الكتابة على الظهر من الأمور التى يجب الاعتذار عنها، لكن حينما قل إنتاج ورق البردى، كان لابد من الكتابة على الظهر، ويبدو ذلك واضحاً فى اعتذار الكتبة عن استعمال ورقة قد سبق الكتابة على جانب واحد منها (الوجه) فقال أحدهم: "أعذرنى فى القرطاس"، وقال آخر: "أعذرنى يا سيدى فلم يحضر نقى" (يعـنى قراطـيس بيضاء غير مكتوب عليها)، وقال آخر: "وأعذرنى فى القرطاس فأنـا فـى ضيق من القراطيس". وقد عدد الصولى أسباب كره الناس الكتابة على ظهـر المكاتـبات فقـال: هى تُفسد النيات، وتُذيع الأسرار بما فى باطنها وتشعث الخطوط، وتغض من سمو الدولة، وتحقر من قدر المعنى.

وربمـا كان السبب فى ندرة ورق البردى والحاجة إليه يرجع إلى أن الأنواع الجيدة منه والمستخدمة فى الدواوين كانت مرتفعة الثمن، غالية التكاليف؛ فكان يباع الدرج الواحد منها من النوع الجيد بدينار ونصف الدينار، ويعد هذا ثمناً مرتفعاً إذا علمـنا أن الديـنار كان ثمناً لإيجار فدان مزروع بالكتان أو البرسيم، وثمناً لعشرة أرادب من القمح فى العصر الطولونى. وقيل أن الخليفة عمر بن عبد العزيز (99 –101هـ) قد أصدر أمره بالاقتصاد فى استعمال ورق البردى.

9- ترقيم صفحات البردى:

لم يهتم الكاتب المصرى بترقيم صفحاته إلا فى بردية Ebers وبردية أخرى من العصر البطلمى تحوى قصصاً بالخط الديموطيقى عن كبار كهنة منف، ويمكن أن يكون سبب عدم الترقيم لصفحات البردى فى الكتاب الواحد أن الصفحات متصلة ببعضها البعض من الطرفين وعلى ذلك فليس هناك خوف من الخلط بين الصفحات أو انفصالها.

10- إعادة استخدام البرديات القديمة:

كثيراً ما كان الكاتب المصرى يستخدم بعض البرديات القديمة بعد الاستغناء عن النص القديم المدون على وجهها، وفى هذه الحالات كان الكاتب يبدأ سطور كتابة موضوعه الجديد على ظهر الصفحة الأولى من اللفافة وكان من ميزة البردى إمكان محو الكتابة منه ثم استعماله لعدة مرات، وتسمى هذه البرديات (المسيحة) Palimpsest وغالباً ما كانت تتم عملية الإزالة بكثير من الإهمال وتبقى آثار الكتابة السابقة بحيث يمكن مشاهدتها.

11- تصويب الأخطاء:

اهتم الكاتب المصرى بتصويب ما أخطأ فيه أثناء الكتابة بمحوه وكتابة غيره مكانه ولهذا كان يحتفظ دائماً بقطعة من القماش لهذا الغرض لإمكان استخدامها مع الماء فى محو ما يريد، أما إذا كان الخطأ كبيراً وتنبه إليه الكاتب متأخراً فكان عليه أن يقطع الجزء الذى به الخطأ ثم يعيد لصق البردية ثانية، وفى بعض الأحيان تم تصويب الأخطاء باللون الأحمر أعلى السطر إذا كان له مكان بين السطور وإلا وضعت علامة مميزة ثم كتبت الكلمات المراد إضافتها أو تصويبها فى المنطقة البيضاء أعلى أو أسفل الصفحة مثل بردية إيبرس.

12- عناوين الموضوعات واسم الكاتب:

عنوان الموضوع كان يكتب أحياناً على ظهر الصفحة الأولى فى مكان رؤيته بعد لف البردية وأحياناً يكتب على وجه الصفحة الأولى فى حالة استخدام ظهر اللفافة للكتابة عليه.

أما بالنسبة للكاتب أو المؤلف فغالباً ما كان يترك البردية دون إمضاء أو توقيع إلا فى بعض الحالات حيث وجد اسمه مكتوباً بعد العنوان مباشرة.

وقـد اسـتخدم الكاتـب المصرى القديم اللون الأسود واللون الأحمر بغرض الكـتابة، كمـا اسـتخدم بعضاً من الألوان الأخرى والتى كانت تستخدم فى الرسم وليست للكتابة.

وأقـدم عينات للكتابة هى التى وجدها تيرى فى مقبرة ترجع إلى حوالى 3500 ق.م وبهـا سـلال وأدوات تـركها العمال مع بعض بقايا من أوراق البردى الخالى من الكتابة، كما عثر لوكاس على بردية ترجع إلى الأسرة السادسة حوالى 2500 ق.م.

ثانياً: الأحبار والألوان المستخدمة على البردي:

1- مقدمة:

علـى مـر السنين لاقت مجموعة الأصباغ والألوان التى كانت متاحة لقدماء المصـريين اهـتماماً كبـيرا. ويجب قبل عملية الترميم والصيانة أن نفهم طبيعة الأصباغ والأحبار الموجودة على البردية أو أى أثر آخر حتى يتم اختيار المعالجة المناسبة، وكذلك الظروف الملائمة لعرض الأثر. وبدراسة الأحبار والألوان يمكن الـتعرف عمـا إذا كانت هناك مواد ملونة تسبب تلف أو مخاطر فى المستقبل مثل كبريـتوز الزرنيخ الأصفر (الأوربمنت). وتقوم الدراسة هنا على الأحبار والألوان التى استخدمت على وثائق البردى أو كارتوناج البردى والتى أثبتت التحاليل أنها قد استخدمت فعلاً على البردى.

2- الأحبار المستخدمة على البرديات:

اسـتخدم المصـريون عادة المداد الأسود كمادة للكتابة فى كتابة الموضوعات المخـتلفة على البردى، ولكى تظل الكلمات فى درجة واحدة من الوضوح والقتامة كان على الكاتب أن يغمس قلمه فى المحبرة ليزوده بالمداد من وقت لآخر قد يصل إلـى مـا يقل من نصف سطر وفى العصر الإسلامى استخدم المداد الأسود بشكل كبـير فى كتابة العديد من نصوص البردى، ورغم ذلك وجدت برديات نفذت فيها الكـتابة بلـون مختلف عن الأسود، حيث عثر على برديات من مدينة الفيوم منفذة بالحـبر البـنى. أما المداد الأحمر فكان يكتب به الشهر واليوم، وفى الموضوعات الأدبـية كانـت تكتـب به بداية كل فقرة من الفقرات ويكتفى بوضع علامة وقف بـالمداد الأحمر فى نهاية الفقرة التى سبقتها. كما استخدام المداد الأحمر فى كتابة بعـض الكلمـات المـراد إبراز أهميتها وكتابة الكلمات الختامية على كل بردية. وأحـياناً استخدم كلاً من اللون الأسود والأحمر للتمييز بين مجموعتين من الفقرات

الخاصـــة بتسجيل كميات الشعير والقمح حيث كتبت كميات الشعير بالمداد الأسود ومقاديـــر القمح بالمداد الأحمر للتمييز بينهما. وقد زودت كثير من البرديات لاسيما الديـــنى منها مثل كتاب الموت الجنائزى- بالصور، وقد تنوعت الألوان من الأسود وحده إلى تشكيلة كبيرة ومتنوعة من الألوان.

2-1 الأحبار السوداء:

كـــان اللون الأسود هو اللون المستحب للحبر، ويمكن إرجاع ذلك إلى ما بين لون الحبر الأسود ولون الصحيفة البيضاء من تضاد يساعد على إظهار الكتابة فى أوضح صورة.

ومن أهم أنواع الأحبار السوداء:

أ - الحبر الكربونى Carbon Ink

أول حـــبر كتابة فى التاريخ استخدمه المصريون القدماء فى الكتابة على ورق البردى.

ويصـــنع المداد الكربونى بعملية حرق للمادة العضوية المستخدمة (زيت مثلاً أو خشـــب) لأن المـــواد التى يتم الحصول عليها نادراً ما تكون كربون نقى ولكنها تحتوى على شوائب معدنية وكربونية مع خلط الكربون الناتج منها مع مادة لاصقة غالـــباً مـــا تكون صمغ عربى لعمل أقراص صلبة أو ألوان ماء. والحبر الكربونى يتميز بالثبات الشديد وهذا الثبات يرجع إلى أن الكربون خامل كيميائياً فى الظروف المعـــتادة، ولذلك فقد استمر طويلاً على البرديات، وهذا أمر يمكن التأكد منه على الـــبرديات الموجـــودة فى مجموعات مختلفة من متاحف العالم، كما أنه يشار لذلك الحبر أحياناً بأنه حبر المخطوطات لكثرة استخدامه على المخطوطات. ومن عيوب الحبر الكربونى احتمال انفصاله فى صورة قشور، ويتأثر بالجو الرطب والماء.

وذكرت طريقة أخرى لإعداد الحبر الكربونى كان تستخدم فى الكنائس القبطية حيث كان يتم كشط السناج من آنية فخارية مبللة بالماء ومقلوبة على بخور مشتعلة على الأرض بين ثلاث أحجار وبعد كشط السناج يمزج بالصمغ والماء.

كمـــا أن المداد الذى استعمله الإغريق والرومان كان أساسه سناج المصباح، كما استعلموا أيضاً سائلاً أسود تفرزه بعض الحيوانات البحرية.

وقامـــت جمعية الصيدلة بباريس بتحليل عينة من مداد رومانى عثر عليها فى خرائب إحدى المدن الرومانية القديمة أثبتت أن سناج المصباح كان المادة الأساسية فى هذا المداد.

ب- الحبر الحديدى Iron Gall Ink

يشــبه الحبر الحديدى الحبر الكربونى الأسود الداكن إلا أنه يتحول للون البنى الفــاتح، وبالــتعرض للضــوء يتحول إلى اللون الأصفر الباهت. والحبر الحديدى نوعان نوع أسود اللون Black Ink والأزرق البروسى.

ومــن مميزات الحبر الحديدى سرعة نفاذيته وتخلله لأسطح الكتابة ومقاومته للــتلف البــيولوجى، كما أن له درجة ثبات عالية على أوراق البردى. ومن عيوبه ضــعف مقاومته للضوء وتغير لونه بمرور الزمن من الأسود إلى البنى الفاتح إلى الأصــفر الباهــت، ربما بسبب زيادة نسبة كبريتات الحديدوز التى تتفاعل وتكون أكاسيد حديد بنية اللون، ومن أهم عيوبه تكوينه لحامض الكبريتيك الناتج من أكسدة أمــلاح الحديــدوز والــذى يــؤدى لاحتراق الورق والبردى أسفل الكتابة مباشرة وانتشــار الحموضة فى وسط الكتابة. ويستخدم الصمغ العربى مع الحبر الحديدي لإعطائــه لــزوجة وأيضاً كلاصق بين جزئيات الحبر والورق، وأثبتت الدراسات أهمية الصمغ العربى فى الحبر الحديدى خاصة عندما تستخدم الريشة فى الكتابة.

وقــد ذكر شوبرت نوعين من المداد استخدما فى الكتابة على أوراق البردى، أحدهما أسود والآخر بنى، يرجع تاريخه إلى القرن الرابع الميلادى غير أن طبيعة هــذا النوع من المداد لم تبين إلا أن لوكاس يعتقد أن لونه البنى يشير إلى أنه مداد حديدى.

أجريــت حديــثاً تحالــيل للــتأكد من نوع المداد المستخدم على البرديات فى النصوص الديموطيقية والإغريقية المؤرخة بالفترة من 252-98ق.م فى مجموعة متحف اللوفر.

وتــم التحلــيل باستخدام Proton Induced X-ray Emission PIXE انبعاث الأشعة السينية بواسطة البروتون المستحث، نظراً لتميزها بأنها طريقة غير متلفة، وعلــى الــرغم مــن عدم حساسية تلك الطريقة للكربون فقد أمكن استنتاج وجود الكــربون مــن خلال فقده للعناصر المعدنية مقارنة بالحبر الحديدى، وكانت نتائج التحلــيل أن جميع النصوص الهيراطيقية قد كتبت باستخدام حبر الكربون وأن كل النصــوص الإغريقــية باســتثناء واحــدة مــنها قد كتبت باستخدام الحبر المعدنى Metallic Ink. وقد أرخ نص يونانى ببداية عام 252 ق.م، ومن ثم يعتبر هذا أقدم مثال تم تحليله لهذا النوع من الحبر على البردى بمصر.

يلاحظ أن استخدام الحبر المعدنى كان مرتبطاً بشكل مباشر بأداة الكتابة، وهى قلــم من البوص فى النصوص الإغريقية على حين أنها فى النصوص الديموطيقية

الـتى كانـت تكتب دائماً بمداد الكربون كانت قلم من الأسل Rush Pen من النوع المصرى الشبيه بالفرشاة.

ظهر أيضاً أن محتوى الحبر المعدنى غير متوقع نوعاً ما حيث وجد أن هناك كثير من العناصر المعدنية المختلفة بما يرجح أن الحبر قد صنع باستخدام مجموعة متـنوعة مـن المكونات، فالحبر المعدنى الأكثر حداثة يظهر وجوداً رئيسياً للحديد والكبريت.

وأظهـرت عيـنات أخـرى نقصاً ملحوظاً فى نسبة الكبريت على الرغم من أنه مـتوقع وجـوده بنفس النسبة إلى الحديد والنحاس، وتفسير نقص الكبريت أنه ربما قد أدمج فى غاز أو سائل مركب ربما اختفى مع الزمن. كما لاحظ أحد الكتاب نماذج من الحـبر له مظهـر الحبر المعدنى Metallic Ink فى برديات من مجموعة تشستربيتى مؤرخـة بالقـرن الثالـث أو الرابع الميلادى، وكذلك فى المتحف البريطانى فى بردية مؤرخـة بالفـترة من القرن الأول قبل الميلاد إلى القرن الأول الميلادى فى مجموعة المتحف البريطانى.

2-2 الحبر الأحمر:

مـع اسـتثناءات نادرة هو الهيماتيت (أكسيد الحديد الأحمر Fe_2O_3)، وظهر اسـتثناء نـادر لهذه القاعدة فى نموذج بالمتحف البريطانى فى كتاب موتى خاص بـأحمس مـن بداية الأسرة الثامنة عشر ويظهر هذا أن مكتوب بالأسود والأصفر ولـيس الأحمـر وهذا غريب إذ أن تقليد استخدام المصرى القديم للون الأحمر من أصبح من الأمور الثابتة.

2-3 الحبر الأصفر:

أجريـت تحاليل على الحبر الأصفر فى المتحف البريطانى، وتم تميزه على أنه Para Realgar، ممـا يشير إلى أن الملون الأصلى المستخدم فى الحبر هو Realgar وهـو لـون بـرتقالى أحمر ذو تركيب كيمائى قريب الشبه بثالث كبريتوز الزرنيخ As_2S_3 وهـذا اللون بالتعرض للضوء أو الحرارة يحدث له بعض التغيرات مثـل الـتحول للون الأصفر. ويؤخذ فى الاعتبار هنا أنه على الرغم من عدم تمييز صبغ كبريـتوز الزئبقيك Vermilion كحبر كتابة إلا أنه تم تمييزه كملون استخدمه الفنان فـى برديات العصر المتأخر. يتضح لنا من دراسة الأحبار على البردى أن الأحبار السـوداء غالـباً تكون من الكربون الذى كان يكشط من أوعية الطبخ، ويرجع تاريخ اسـتخدامه فى الكتابة بمصر إلى عصر من العصور التى تسبق عهد الأسرة الأولى أى إلى ما قبل 2400 ق.م.

3- المواد الملونة:

3-1 المواد التى استخدمت قديماً للحصول على اللون الأبيض:

ومن أهم المواد التى استخدمت لهذا الغرض كربونات الكالسيوم ومسحوق الحجر الجيرى وكبريتات الكالسيوم المائية (الجبس)، وبعد ذلك اكتشف أبيض الزنك (أكسيد الزنك) وأبيض الأسبيداج أكسيد الرصاص، وأبيض التيتانيوم.

أ - كربونات الكالسيوم Calcium Carbonate CaCo3

عبارة عن مسحوق أبيض أحياناً مشوباً بالصفرة متوسط النعومة ضعيف التغطية قوى التحمل غير سام. ويختار لأغراض التلوين عادة أكثر أنواع الحجر الجيرى جودة وأكثرها نصاعه، ويحضر المخلوط بخلط الحجر مع الماء ثم تعويم الحبيبات فى الماء لفصل الحبيبات الدقيقة عن الحبيبات الخشنة، وبعدها تأخذ الحبيبات الدقيقة وتجفف، ويستخدم مسحوق الحجر الجيرى مع الوسيط المائى ويعطى نتائج طيبة، ولذا فقد استخدم على نطاق واسع منذ أقدم العصور.

ب- كبريتات الكالسيوم المائية - الجبس (Gypsum)

Hydrated Calcium Sulphat CaSO4 2 H2O

استخدمت منذ الأسرة الرابعة، ويوجد فى الطبيعة فى صورة معادن منها السيبينيت Sebnite والساتن سبار Satin Spar، وأهم ما يميز الجبس ثباته الكيميائى إلا أنه يفقد ماء التبلور بالحرارة الشديدة، والجبس الخام غير المعالج بالحرق قد استخدم فى التلوين باللون الأبيض بعد مزجه بمحلول الغراء، وتمت دراسات حديثة أثبتت أنه ليس هناك أية دلائل تشير إلى استخدام الجبس أو الإنهيدريت قبل الأسرة الخامسة وحتى العصر الرومانى.

ج- الهونتيت Huntite كربونات الكالسيوم والماغنسيوم

CaCO3-3MgCO3 Magnesium Calcium Carbonate

وهو عبارة عن مادة بيضاء نقية، ووجد الهونتيت على كسر أوانى فخارية ترجع إلى العصر المتأخر والتى تم الكشف عنها فى النوبة، كما وجد على بعض الأوانى الكانوبية ترجع إلى عهد الدولة الحديثة، واستخدم لتلوين الجفون المرسومة عليها، كما ظهر هذا اللون فى تابوت يرجع إلى عهد الأسرة الثامنة عشر. كما وجد على إحدى البرديات من القرن العاشر ق.م. ويذكر البعض أن الهونتيت استخدم فى التلوين باللون الأبيض منذ العصور الفرعونية المتأخرة، ولكن على نطاق ضيق.

د- أبيض الرصاص، كربونات الرصاص القاعدية 2PbCO3Pb(OH)2

وهو مسحوق شديد البياض ناعم جداً وقوى التغطية ثقيل الوزن يقبل الامتزاج بجميع السوائل، ويعتبر مصدره من أقدم المعادن الطبيعية وهو كربونات الرصاص، ويحدث لها إسوداد عند تعرضها لجو كبريتى، فتتحول إلى كبريتيد الرصاص وعند تحليل إحدى البرديات الأثرية وجد أن اللون الأبيض يتكون بصفة أساسية من الكالسيوم وبقايا من النحاس والحديد والرصاص وعناصر أخرى، وذلك بالتحليل باستخدام XRF، وعند التحليل الكيميائى للون الأبيض وجد كبريتات الكالسيوم، وهذا يعنى أن اللون الأبيض غالباً ما يكون كبريتات الكالسيوم أو كربونات الكالسيوم.

كما ذكرت Green أن أكثر الألوان البيضاء شيوعاً والتى تم الكشف عنها على أعمال فنية مصرية قديمة هى الكالسيت والجبس والهونتيت. وذكر لوكاس أن اللون الأبيض الذى استخدم فى مصر القديمة كان من كربونات الكالسيوم (مسحوق الحجر الجيرى) أو كبريتات الكالسيوم (الجبس) وقد أيده فى هذا الرأى Forbes.

ويلجأ مزورى البردى إلى استخدام مادة TiO2 Anatase، وعند وجوده فى المادة البيضاء غالباً ما يحتوى على بعض الأشياء التى تجعل لونه أسود، وتم تطوير صناعته فى بداية القرن العشرين 1923 وأصبح نقى كلون أبيض، أى أنه إذا تم تحليل اللون الأبيض ووجد أنه يحتوى على Anatase كصبغة بيضاء دليل على أنه من منتجات القرن العشرين.

وفى بعض الأحيان يلجئ مزورى البردى إلى إضافة Anatase إلى اللازورد الأزرق أو وحدها فى جميع المساحات البيضاء للبردية.

كما وجد الطباشير كمادة فى الخليط مع المساحات الحمراء على أحد البرديات المقلدة وتم التعرف عليه بواسطة PLM وكان Anatase كشائبة فى نفس الخليط.

3-2 المواد الملونة السوداء:

بجانب طرق تحضير الحبر الأسود كما سبق الذكر كان يحضر أيضاً اللون الأسود بحرق الراتنجات الطبيعية كالقلفونية أو شمع النحل وبنفس الطريقة السابقة يستخدم فى التلوين بعد مزجه بمادة لاصقة، ولون السناج ليس لوناً أسوداً نقياً ولكنه يميل إلى الزرقة، واستخدم للتلوين باللون الأسود مسحوق الفحم النباتى والذى يحتوى على نسبة عالية من الكربون حوالى 94-99% وهو أقل نقاوة من النساج وحبيباته أكبر حجماً مما يتطلب فى كثير من الأحيان مزجه بوسيط الغراء الحيوانى.

ويظهـــر تحت الميكروسكوب فى صورة شظيات دقيقة مستطيلة الشكل، وقد اســـتخدم مســـحوق الفحم النباتى للتلوين باللون الأسود منذ عصور ما قبل التاريخ، واستمر استخدامه عبر الأسرات، كذلك استخدم فحم العظام Bone Black وهو ذو لـــون أسود مائل للزرقة، دقيق الحبيبات، أكثر كثافة من السناج ويحتوى على نسبة عالية من الكربون وفوسفات الكالسيوم وكربونات الكالسيوم ونسبة من الدهون، لذا لا يذوب بسهولة فى الماء، وهو ذو لمعة خفيفة وله قوة تغطية عالية وغير سام.

وقـــد وجـــد اللـــون الأسود فى مقابر بنى حسن التى ترجع إلى الأسرة الثانية عشر، وذكر أنها من معدن البيرولوسيت Pyrolosite MnO_2 ثانى أكسيد المنجنيز والـــذى كـــان يتم الحصول عليه من مناطق سيناء. أى أن مركبات المنجنيز قد تم استخدامها على أنها أصباغ سوداء.

وتمـــت دراســـة شاملة للألوان السوداء التى تتكون أساساً من الكربون، وقد صنف الكربون طبقاً لخواصه البلورية إلى نوعين هما كربون متبلور Crystalline Carbon، وكـــربون غـــير متبلور Non Crystalline، والكربون الوحيد المتبلور الـــذى استخدم كمادة ملونة هو الجرافيت Graphite، ويقسم الكربون غير المتبلور مـــن حيـــث الحالـــة أو الطور الذى يتكون أو يتواجد فيه إلى أربعة أنواع: كربون اللهـــب (الســـناج – الهـــباب) ويتكون فى الطور الغازى، فحم الخشب ويتكون فى الطور الصلب، كربون فحم الكوك ويتكون فى طور السائل، والفحم الطبيعى سواءً كان نباتياً أو معدنياً. والكربون بصفة عامة لا يتأثر بدرجات الحرارة العالية إلا أنه ذو لـــون ثابـــت، ولا يـــتأثر بالضـــوء أو بالهواء، وكذلك الأحماض المركزة أو القلويات، كما أنه يتمتع بقوة تغطية عالية.

3-3 المواد الملونة الحمراء:

والأصـــباغ الحمـــراء التى كان يستخدمها المصريون القدماء عادة كانت من أكاســـيد حديد طبيعية مع درجات مختلفة مع المزج بالماء، ففى بعض الأحيان كان يعـــثر علـــى كبريتـــيد الزرنيخ As_2S_3 Realgar وكبريتيد الزئبق HgS والذى تم الـــتعرف علـــيه فى القرن الثانى ق.م. وقد استخدم المصرى القديم للحصول على اللـــون الأحمـــر المغره الحمراء، والهيماتيت (أكسيد الحديد الأحمر) والسلاقون أو أحمر الرصاص.

أ – المغره الحمراء:

والمغرات مركبات ترابية طبيعية غير عضوية تتكون أساساً من معادن الطفله وتكتســـب ألوانهـــا بفعـــل أكاسيد الحديد التى توجد عادة ضمن مكوناتها الكيمائية،

وتختلف ألوان المغره لاختلاف الحالة الطبيعية التى تتواجد عليها أكاسيد الحديد، وما إذا كانت من النوع المائى Hydrous أو النوع اللامائى Anhydrous. وتكتسب المغره اللون الأحمر المائل إلى البنى فى وجود أكسيد الحديد فى صورة معدن الليمونيت النقى Limonite، وأفضل أنواع المغره الحمراء التى يتواجد فيها أكسيد الحديد بنسبة 20%. ومن أهم مميزات المغرات الثبات الكيميائى، وبالتالى ألوانها ثابتة، فهى لا تتأثر بالأحماض أو القلويات المخففة، إلا أن المغره الصفراء تتحول بالحرق إلى المغره الحمراء نتيجة فقد أكاسيد الحديد لماء التبلور بفعل الحرارة، وحيث أن المغرات مركبات طبيعية فإنها تتميز بعدم تماثل حبيباتها فى الشكل والحجم وتعدد ألوان أطيافها.

وقام لورى بفحص اللون الأحمر الموجود على لوح مصرى قديم يرجع تاريخه إلى 400 ق.م فوجد أنه من المغره الحمراء، وقد وجد جارستنج أن اللون الأحمر الذى وجد على لوح كتابة من عصر الدولة الوسطى أنها تتكون من المغره الحمراء، وهى عبارة عن خليط طبيعى من أهم مكوناته أكسيد الحديديك الذى يتواجد بوفرة فى مصر ويسمى الهيماتيت.

ب- الهيماتيت Fe2O3 Hematite

أكثر الأصباغ الحمراء شيوعاً وانتشاراً على العينات التى تم فحصها، فقد وجد فى الأسرة 12 وحوالى القرن الثامن عشر ق.م، كما وجد على كرتوناج بردى حيث استخدمت تلك الصبغة للزخرفة وكتابة الحروف الهيروغليفية الحمراء.

والهيماتيت هو أحد معادن أكسيد الحديديك اللامائى، وقد استخدم منذ عصور ما قبل التاريخ للتلوين باللون الأحمر الوردى، ويتميز الهيماتيت بعدم تأثره بالضوء أو الحرارة أو المحاليل القلوية، ولكنه يذوب فى محاليل الأحماض المركزة الساخنة، وتظهر حبيبات الهيماتيت تحت الميكروسكوب فى صورة شظيات مستطيلة لامعة ذات لون بنى مائل للإحمرار، ويوجد اختلاف فى الأشكال الطبيعية للهيماتيت الطبيعى والمحضر صناعياً من حيث التركيب وحجم الذرات. وفى بعض التحاليل الحديثة تم التعرف على وجود Jarosite فى لون أحمر، وقد بين تحليل باستخدام SEM(EDX) على لون أحمر وجود الحديد والبوتاسيوم والكبريت والسيلكا والكالسيوم.

ج- أحمر فرميليون أو زنجفرى "السنبار" HgS

وهو عبارة عن كبريتيد الزئبق Mercury Sulfide، ولا يذوب فى الماء ويتم تحضيره بطحن هذا الملح، ويضاف له الماء أو الخل، ويضاف له نسبة من بياض

البيض أو الصمغ العربى الذى يشكل لاصقاً للمسحوق غير الذائب وقد استخدم الرومان هذه الصبغة لكتابة أحرفهم الكبيرة.

ويتميز بقوة التلوين، كما أنه ناعم جداً متوسط التغطية غير سام، ويتأثر عند تعرضه لضوء الشمس المباشر، وهو يوجد فى الطبيعة فى صورة معدن الزنجفر Cimnalear المصدر الرئيسى لفلز الزئبق، أو أن يحضر صناعياً، وفى هذه الحالة يطلق عليه اسم Vermillion، ومن الناحية الكيميائية لا توجد فروق واضحة بين أحمر زنجفرى وبين أحمر فرميليون، فالأول يحضر جاف والثانى رطب. ويمتاز أحمر فرميليون بحيوية لونه وقوة تغطيته وثباته ويمكن مزجه مع أبيض الزنك أو مزجه بمركبات الرصاص كأبيض الفضى الذى يؤثر عليه بمرور الوقت ويحوله إلى ما يشبه اللون البنى، ,ويمتاز بكثافته العالية 8.9 ومعامل انكساره الضوئى كبير ويجف ببطء. وذكر بلينى أن الإغريق والرومان قد عرفوا الزنجفر واستعملوه كمادة تلوين، وكانوا يستجلبونه لهذا الغرض من أسبانيا.

ومن الأمور الشيقة أنه تم العثور على صبغة كبريتيد الزئبقيك HgS على كرتوناج من القرن الثانى ق.م وكان هذا هو المكون الأساسى للصبغة الحمراء مع كميات صغيرة من الهيماتيت وكبريتيد الزرنيخ، وقد وجد أيضاً Realgar وربما يرجع ذلك إلى استخدامه أساساً على حالته أو أن يكون حدث له خلط غير مقصود على مرسمة الألوان، وتم التعرف على مساحات أخرى من الأحمر تحتوى على هيماتيت وريالجار.

د – السلاقون (أحمر الرصاص) Red Lead

ويتكون أحمر الرصاص من رابع أكسيد الرصاص Pb3O4 ويعتبر من مواد التلوين التى استخدمت قديماً، ويتميز باللون اللامع القرمزى وبقوة تغطية كبيرة، ويتميز بمعامل انكساره الضوئى الكبير وبحبيباته الدقيقة، وهو نشط كيميائياً إذ يتحول إلى اللون البنى بفعل حمض النيتريك أو حمض الخليك نتيجة تكوين ثانى أكسيد الرصاص البنى اللون، وهو يتأثر بالضوء والهواء ويتحول لونه بفعل الضوء الشديد إلى البنى خاصة عندما يكون ممتزجاً بوسيط لونى من النوع الذى يذوب فى الماء كالصمغ العربى.

وقد تعرف أسبرل تعرف على لون أحمر من العصر اليونانى الرومانى عثر عليه فى هواره من السلاقون وهو أكسيد طبيعى (أحمر الرصاص) ويتصف بسميته الشديدة ويحتوى السلاقون على 10% أكسيد الرصاص الأصفر PbO

المعـروف باسم الليثارج، وعندما يسخن بلطف فى الهواء الجوى يتحول إلى اللون البنى المحمر الداكن ثم إلى اللون البنفسجى.

وفـى البرديات الحديثة المزورة تم التعرف على أن الصبغة الحمراء تتكون من β-Naphthol وأكد ذلك تحليل باستخدام رامان ميكروسكوب على بلورات من الأحمر الغامق على إحدى البرديات المقلدة.

وبتحليل بلورات للون الأحمر تحت الميكروسكوب ظهر طيف ثالث أكسيد الحديد Fe2O3 وباستخدام SEM(EDX) ظهر وجود الأكسجين والمغنسيوم والسيلكون وبدت الصبغة خليط من الأحمر الغامق والأحمر البرتقالى، وتم تحديده على أنه يماثل β-Naphthol للصبغة الحمراء والتى تم تركيبها لأول مرة عام 1939م. ويمكن القول أن الأصباغ الحمراء التى كانت عادة ما يستخدمها المصريون القدماء كانت أكاسيد حديد طبيعية مع درجات مختلفة من التميؤ (المزج بالماء) وفى بعض الأحيان كان يعثر على كبريتيد الزرنيخ As2S3 Realgar وكبريتيد الزئبق HgS وهذه المركبات تم التعرف عليها فى الأعمال المصرية.

3–4 اللون الوردى:

الأصباغ الوردية عبارة عن خليط من مكونات حمراء وبيضاء على سبيل المثال الهيماتيت أو كبريتيد الزئبقيك مع الكالسيت، وفى إحدى العينات من بردية يرجع تاريخها إلى حوالى القرن العاشر ق.م تم التعرف على مستخرج وردى مما يوحى بوجود صبغة. وعند تحليل لون وردى على إحدى البرديات المقلدة وجد أنها خليط مع Anatase وبتحليل رامان ميكروسكوب أرجع كونه واحداً من أصباغ -□ Maphtol الحديثة.

3–5 المواد الملونة البنية:

المغره البنية عبارة عن مركبات ترابية طبيعية غير عضوية تتكون أساساً من السيلكات ومعادن الطفله وتكتسب لونها بفعل أكاسيد الحديد التى توجد عادة ضمن مكوناتها الكيميائية، ومنها أنواع كثيرة منها: أكسيد الحديديك المائى وثانى أكسيد المنجنيز وأكسيد الألومنيوم، كذلك يمكن الحصول على اللون البنى فى التلوين باللون الأحمر فوق أرضية سوداء أو بخلط اللونين معاً قبل التلوين. والألوان البنية غنية بالحديد بشكل أساسى وخليط من الهيماتيت والكربون الأسود، وقد بينت التحليلات الأولية لعينات بنية مأخوذة من بردية مؤرخة بالقرن العاشر ق.م أن العينة تحتوى على حديد وبوتاسيوم وكبريتيد سيلكون والذى يماثل Jarosite.

6-3 المواد الملونة الصفراء:

مـــادة اللون الأصفر من أقدم المواد الملونة المستخدمة فى الدولة القديمة، كما استخدم بكثرة فى الدولة الحديثة ابتداءً من الأسرة الثامنة عشر. وكان يستخدم للون الأصـــفر المغـــره الصـــفراء وأهـــم مكوناتها أكسيد الحديد المائى المعروف باسم الليمونيـــت، وأيضـــاً استخدم الرهج الأصفر، ويتكون من كبريتيد الزرنيخ الثلاثى المعـــروف باسم أوربمنت، ويطلق عليه أيضاً اسم الأصفر الملكى، كما استخدمت المغره مع الأوربمنت.

أ - المغره الصفراء Yellow Ochre

وهـــى عبارة عن مركب غير عضوى يتكون أساساً من معادن الطفله والسيلكا وربمـــا بعـــض الشوائب مثل: Gypsum, Magnesium Carbonate، وأكثر أنواع المغـــره الصـــفراء انتشاراً هو النوع الذى يتواجد به أكسيد الحديد فى صورة معدن الجوثيت Fe2O3H2O Goethite وهو قوى التغطية غير سام جيد الامتزاج بالماء.

وقـــد اســـتخدمت المغـــره الصفراء منذ عصور ما قبل الأسرات وحتى نهاية العصر الرومانى، فقد تم التعرف على المغره الصفراء من الأسرة الرابعة والثانية عشر والثامنة عشر، والأسرة التاسعة عشر والعشرين والسادسة والعشرين، وتوجد المغـــره الصـــفراء بالقـــرب من القاهرة وفى واحات الصحراء الغربية. وبفحص المغـــره الصفراء ميكروسكوبياً وجد أنها تتكون من حبيبات غير متجانسة ومختلفة الأحجام والتركيب وتتميز بثباتها الكيميائى، ولا تتأثر بالأحماض والقلويات المخففة وتـــتحول المغـــره الصـــفراء بالحرق إلى اللون الأحمر، وذلك لفقد أكاسيد الحديد المائية بها لماء التبلور بفعل الحرارة وتحولها إلى أكسيد الحديد اللامائى.

ب- الأوربمنت Orpiment As2S3 (الرهج الأصفر)

ويـــتكون الأوربمنـــت من كبريتيد الزرنيخ As2S3 Arsenic Sulphide فى حالته النقية، وتكون بلوراته مسطحة شفافة صفراء اللون، أما فى الحالة غير النقية فإنهـــا تكون فى صورة ترابية ويعرف هذا اللون باسم الرهج الأصفر، وكان يطلق عليها اسم الأصفر الملكى.

واســـتخدم هـــذا اللـــون فـــى مصر القديمة وفى العصر الرومانى والعصر البـــيزنطى، ويعـــتقد لوكاس أنه ربما قام المصريون القدماء باستيراده من إيران. ويعطى الأوربمنت لوناً أصفر أكثر وضوحاً من ذلك الذى تعطيه المغره الصفراء، وتعتبر من الألوان الثابتة فى الضوء، ولا يتأثر بالقلويات أو الأحماض المخففة.

وقــد وجد صالح عند تحليله بالأشعة السينية لمجموعة من المواد النادرة التى تـم الكشـف عـنها فى فناء مقبرة بالقرنة أنها تحتوى على أكثر من 2 كيلوجرام تعرف عليها أنها بلورات معدن الأوربمنت النقية.

وتـم الـتعرف علـى الأصـباغ الصفراء عند تحليلها أنها كبريتوز الزرنيخ الأصـفر As2S3 وقـد وجد على بعض البرديات والكارتوناج. وتم التعرف على لـون أصفر غامق من بردية يرجع تاريخها إلى العصر البطلمى أن اللون الأصفر هـو Para Realgar. الأوربمنت يتحلل بصورة كيموضوئية فينتج أكسيد الزرنيخ الأبيض فيفقد اللون الأصفر لونه الأصلى ويصبح أبيض باهت، كما أن الكبريتيدات المنبعثة تدمر الأصباغ الأخرى.

ويوجـد مثال على ذلك فى بردية ترجع للقرن العاشر ق.م من الأسرة الثالثة، تحـوى الخلفـية البيضـاء مساحات صفراء وبعض المناطق الزرقاء والخضراء المجـاورة لهـا قد أسودت حوافها، وبالتحليل وجد أن المساحة بأكملها عبارة عن كبريتيد الزرنيخ الأصفر انتزعت منه ألوانه، وأن الخلفية البيضاء الضاربة للصفرة كانـت فى الأصل أصفر براق وهذا المظهر البراق ناتج عن الخصائص الفيزيائية لكبريتيد الزرنيخ الأصفر. ويعتقد أن تلف الألوان الزرقاء والخضراء بسبب انبعاث الكبريـتدات مـن كبريتيد الزرنيخ الأصفر. وبالتعرض للضوء والحرارة أن يؤدى لبعض التغيرات فى هذا اللون ويسبب تحوله إلى Para Realgar.

وعلى البرديات المقلدة بتحليل اللون الأصفر باستخدام رامان ميكروسكوب وجد أن اللـون الأصـفر يشبه إلى حد كبير أصفر Hansa الزاهى Permanent Hansa Yellow Brilliant وهـى عبارة عن صبغة نيتروجينية تم صنعها لأول مرة حوالى عام 1910م.

ج- المغره المخلوطة بالأوربمنت:

اسـتخدم الأوربمنـت فـى حالـته النقية فى زخرفة التوابيت الملكية وعندما اسـتخدمه الفـنان المصرى القديم كان يضيف إليه المغره الصفراء لإعطاء اللون درجـة النصاعة مع اللون الذهبى المميز للأوربمنت، وأول استخدام لهذا المركب كـان فـى حجرة الملكة حتشبسوت فى معبد الكرنك وفى معبدها بالدير البحرى، وهـناك احـتمال أن الفنان لم يقوم بعملية الخلط قبل التصوير، ودائماً وضع طبقة أولـى مـن المغره الصفراء ثم تليها طبقة ثانية رقيقة من الأوربمنت ثم طبقة ثالثة من المغره الصفراء، ويؤكد ذلك أن اللون يأخذ الشكل الطبقى.

7-3 المواد الملونة الزرقاء:

يتكون هذا اللون من خام النحاس الطبيعى المعروف باسم Azurite الأزوريت وهو أحد صور كربونات النحاسيك القاعدية 2CuCO3-2Cu(OH)2، ويتواجد فى مـــناطق توافر خام النحاس فى سيناء والصحراء الشرقية، والأزوريت عبارة عن مادة متبلورة تصبح حبيباتها المطحونة ذات لون أزرق باهت.

ويشـــير لوكـــاس إلـــى أن اســـبريل تعرف على معدن الأزوريت كربونات النحاســـيك القاعدية CuCO3 Cu(OH)2 داخل محاره كانت تستخدم كلوحة ألوان يرجع تاريخها إلى الأسرة الرابعة فى ميدوم. والأزوريت من الخامات غير الثابتة حيث يتحول إلى الملاكيت بمرور الزمن. ويتحول بالتسخين إلى درجة من درجات الأســـود، ويـــتأثر بالقلويات الساخنة، كما أنه يذوب فى الأحماض الضعيفة. ولذلك لجأ المصرى القديم إلى تحضير هذا اللون صناعياً. وسمى باسم الأزرق المصرى Egyptian Blue.

ويمكـــن تقسيم الألوان الزرقاء إلى ألوان طبيعية مثل أزرق لابس والأزوريت وألوان صناعية مثل الأزرق المصرى وأزرق الكوبلت والالترامين وأزرق بروسيا والأزرق المعدنى وألوان عضوية نباتية مثل أزرق النيلة.

أ - الأزرق الأزورى CuCO3 Cu(OH)2 Azurite

وهـــو مـــادة تلوين طبيعية حُضرت من معدن الأزوريت (كربونات النحاس القاعديـــة) الـــذى يوجـــد فى ترسيبات خام النحاس الثانوية ويحضر باختيار أكثر خاماتـــه نقـــاءً وصـــحنها وغسلها وتعويمها فى الماء وتُفصل الحبيبات الدقيقة عن الحبيـــبات الكبيرة، وتستخدم مع وسيط لونى مائى فى صور التمبرا، وبالرغم من ثـــباته الكيمائى فى الظروف العادية إلا أنه يتأثر بالحرارة والتى تتسبب فى أسوداد لونه، كما أنه يذوب فى الأحماض المخفضة.

ب- الأزرق اللازورى 2Na2O3 Al2O3-6SiO2 2Na2S Lazurite

وهو يتكون من سيلكات الصوديوم والألومنيوم مع الكبريت، وهو حجر نصف كـــريم يتركـــب من معادن طبيعية هى اللازوريت الأزرق Lazurite والكالكسبار Calcspar والبيريت Pyrite.

وكان يستخدم فى صناعة الحلى منذ أقدم العصور التاريخية إلا أنه لم يستخدم كمـــادة تلويـــن إلا فى العصر البيزنطى، ويستخدم للتلوين بألوان التمبرا ولا يتأثر بالضـــوء أو الحـــرارة أو بالمحالـــيل القلوية، وتم تحضيره صناعياً عام 1826م،

والأزرق اللازوردى الصناعى دقيق الحبيبات كما أنه متجانس الحبيبات مستديرة بعكس الأزرق الازوردى الطبيعى، ويمكن التمييز بينهم باستخدام الميكروسكوب.

ج- الأزرق المصرى Egyptian Blue

يتركب الأزرق المصرى من رباعى سيلكات النحاس والكالسيوم CaCuSi4O10 ويعتبر من أقدم الألوان التى تم تحضيرها صناعياً فى مصر وقد استخدم منذ الأسرة الرابعة حتى العصر اليونانى الرومانى. ويعتبر الأزرق المصرى أحد المعطيات الهامة للحضارة المصرية القديمة، ودليل على المستوى العلمى الرفيع الذى بلغته الحضارة المصرية القديمة، وهو عبارة عن مادة تلوين متبلورة ذات تركيب كيميائى ثابت جداً، ويقاوم تأثير جميع القلويات والأحماض عدا حمض الهيدروكلوريك ولا يتأثر بالضوء والحرارة حتى رجة 01000م. وأول الأدلة على استخدامه هى لوحة أوز ميدوم من الأسرة الرابعة والمعروضة بالمتحف المصرى بالقاهرة.

وقد قام صالح بدراسة تفصيلية على مادة اللون الأزرق المصرى والتى أتاحتها فرصة الكشف عن المجموعة النادرة من الألوان فى مقبرة خرواف بمقابر الأشراف بالقرنة، حيث تم العثور على خمسة أقراص كبيرة كاملة بالإضافة إلى قطعتين بيضاويتين على شكل كيس صغير وتزن جميعها 7.860كجم.

وشملت الدراسة فحص العديد من عينات مادة اللون الأزرق من مناطق وعهود مختلفة والتى استنتج منها ما يأتى:

- تحضير مادة اللون عن طريق تحميص خليط الرمال وكربونات الكالسيوم والملاكيت دون إضافة لأى قلوى عند درجة حرارة 1050م حيث تكون مادة اللون بتركيبها الكيميائى والبلورى الثابتين.
- وإذا زادت درجة الحرارة عن1050 0م فإن مركب هذا اللون يمكن أن يتحلل لمكوناته والتى يمكن أن تعود للاتحاد مرة أخرى مكونة نفس مادة اللون عند هذه الدرجة.
- وهذا التفاعل يتم فى الجو العادى المؤكسد، أما فى ظروف الجو المختزل فإن مادة أكسيد النحاسيك تختزل إلى أكسيد النحاسوز والذى لا يمكنه تكوين مادة اللون الأزرق ويأخذ الخليط اللون الأحمر فى هذه الحالة.
- النسبة الزائدة من مركبات الخامات المكونة لمادة اللون تؤثر على درجة اللون الناتج وخاصة الملاكيت حيث أن زيادة نسبته تؤدى إلى تواجد نسبة حرة من أكسيد النحاسيك مع اللون الناتج مما يعطى سطح اللون درجة من السواد فى

الجو الجاف أو اللون الأخضر فى الرطب حيث يتحول أكسيد النحاسيك بتأثير ثانى أكسيد الكربون الجوى وبخار الماء إلى الملاكيت.

- الشوائب المعدنية فى الرمال المستخدمة وخاصة أكاسيد الحديد تؤثر فى اللون الـــناتج وتجعلـــه يميل إلى الخضرة، وقد تمكن صالح من تحضير مادة اللون الأزرق بجمـــيع درجاتـــه وبالكميات المطلوبة، والخامات المطلوبة لتحضير اللـــون وهى الكالسيت CaCo3 الملاكيت CuCo3-Cu(OH)2 أو الأزوريت 2CuCO3-Cu(OH)2 والسيلكا SiO2.
- المكـــون الأساسى للأزرق المصرى هو معدن الكوبروريفايت Cuprorivaite [CaCu Si4O10] وهـــذا المعدن من الممكن تحضيره تحت درجة 1050 0م إذ أنه غير ثابت عند تعرضه لدرجة حرارة أعلى من 1050 0م.

والأزرق المصـــرى مركب معقد التركيب والمكون الأساسى له عبر العصور هـــو مركب الكوبروريفايت Cuprorivaite الذى يوجد فى معظم الأحوال متحداً مع خـــام ولوســـتونايت الحامل للنحاس Wollastonite CaCuSiO3، والطور الزجاجى الغـــنى بالعناصر القلوية مثل الصوديوم البوتاسيوم، ولكنه يحتوى على كميات كبيرة من النحاس والكالسيوم ونسبب بسيطة من المغنسيوم والحديد والكلور، وتختلف نسبة وجـــود كل من المكونات الثلاثة السابقة، ويحتوى الأزرق المصرى على نسبة قليلة من معدن السيلكا ومعدن البيريت Pyrite FeS والتيتانوما جنتيت Tetanomagnetite والكاستريت Cassiterite.

وتم التعرف على الأزرق المصرى فى الأعمال الفنية المصرية القديمة وعلى الـــبرديات ووجـــد أنـــه يحـــتوى على أوجه عديدة للكوبروريفايت بشكل أساسى CaCu(SiO4O10) مع ولستونيت النحاس (CaCu)3(SiO3O4) والسيلكا (SiO2) والزجاج.

يـــتوقف لـــون الصـــبغة على الوفرة النسبية لهذه المكونات وتتنوع ألوانه من الأزرق الشـــاحب إلـــى الأزرق الغامق والأزرق المخضر. وعادة ما كان يستخدم الأزرق المصرى على نحو سميك ويحتوى على جسيمات يتم طحنها بصورة غير دقـــيقة، وتـــم التعرف على الأزرق المصرى باستخدام تحليل PLM وتم التأكد من وجوده على البرديات باستخدام XRD. وعينات الأزرق الأكثر شيوعاً تحتوى على أبيض مثل الكالسيت والجبس ممزوجاً بالأزرق المصرى إلا أنه فى بعض الحالات يـــبدو المحـــتوى الأبيض ناتجاً عن التلوث. كما وجدت عينة زرقاء قاتمة (سوداء

تقريباً) على بردية Khor القرن الثالث عشر ق.م، وتم التعرف عليها باستخدام XRD & PLM أنها أزرق مصرى.

وعند تحليل بردية للتأكد من أثريتها زاهية الألوان تمثل رمسيس الثانى يصطاد على نهر النيل بصحبة زوجته الأولى نفرتارى، وتوجد صبغة زرقاء على قلائد الأشخاص الموجودين فى المشهد، وبتحليل اللون الأزرق باستخدام الرامان ميكروسكوب وجد أنه خليط من بلورات بيضاء وزرقاء بنسبة 1 : 3 وكان مطابقاً للازوريت Lazurite. واللون الأبيض كان TiO2 Anatase والذى تم إنتاجه بدرجة نقية عام 1923. وبتحليل البلورات الخضراء فى المساحات الزرقاء وجد أنها صبغة Phthalocyanine وهى صبغة تم تركيبها لأول مرة عام 1935.

وللتأكد من أثرية بردية أخرى تسمى بردية نفرتارى تمثل الملكة نفرتارى وهى تقدم قرابين للآلهة المصرية ووجد اللون الأزرق على قلادة الآلهة وعلى جزء من رداء الملكة نفرتارى، وبتحليل اللون باستخدام رامان ميكروسكوب وجد أن النوع الأول مطابق لـ Lazurite اللازورد الأزرق وتم التأكد باستخدام تحليل PLM واللون الأزرق الثانى مطابقاً لـ الالترامارين الأزرق Ultramarine Blue. واللازوريت الصناعى مصنع عام 1828م وحجم حبيباته متناسقاً وصغير جداً، شكلها مستدير ومنتظم أم اللازورد الطبيعى يكون مصحوباً بشوائب معدنية مثل الكالست والبيريت Calcite & Pyrites ويمكن التعرف عليه بسهولة تحت الميكروسكوب العادى.

وبتحليل لون أزرق أخر على نفس البردية بدرجة مختلفة باستخدام رامان ميكروسكوب وجد أنه أزرق بروسي، وهى صبغة مركبة صنعت لأول مرة عام 1704م. وبالتعرف على مادة اللون وتحديدها أمكن تقرير أنها برديات مقلدة وليست أثرية.

3-8 المواد الملونة الخضراء:

واستخدم اللون الأخضر على نطاق واسع للتلوين، ومن أهم المواد التى استخدمت للون الأخضر الملاكيت، والأخضر المصرى والأتاكميت.

أ - الملاكيت Malachite

إحدى خامات النحاس الموجودة فى مصر وعرف منذ أقدم العصور، وهو عبارة عن كربونات النحاس القاعدية CuCO3Cu(OH)2 وهو يشبه مادة التلوين الزرقاء الأزوريت من حيث التركيب الكيميائى فيما عدا أنه يحتوى على كمية أكبر

مـــن ماء التبلور. ويوجد الملاكيت فى الصحراء الشرقية وسيناء، ويحضر بغرض التلويـــن باختـــيار أكثر النوعيات نقاءً وصحنها جيداً ثم تمريرها من خلال مناخل دقيقة الفتحات.

ولأنـــه يتكون من كربونات النحاس القاعدية فإنه يتحلل بالأحماض حتى وإن كانـــت أحمـــاض عضوية ضعيفة مثل حمض الخليك، ولا يتأثر بالمحاليل القلوية المخففة ولكنها تسبب إسوداد لونه ولا يتأثر بالحرارة.

ب- الأتاكميت Atacamite

وهـــو عبارة عن كلوريد النحاس القاعدى $Cu_2Cl(OH)_3$ وهو معدن نحاس نـــادر الوجـــود نسبياً، وله تأثير متلف على البرديات ويسبب هشاشة وضعف فى العديد من العينات التى تم دراستها.

ج- الأخضر المصرى Egyptian Green

لجـــأ المصـــرى القديم إلى تحضير مادة اللون الأخضر صناعياً والتى سميت بالأخضـــر المصـــرى Egyptian Green بنفس طريقة تحضير الأزرق المصرى، وبتســـخين نفـــس الخليط ولكن تحت ظروف جو مختزل، ومن الدراسة التى تمت علـــى اللـــون وجـــد الطور الزجاجى المصرى كما استدل على وجود الكاستريت Casstterite ثـــانى أكســـيد القصدير SnO_2 فى الخليط الزجاجى ولكن ليس بنفس الكثرة فى الأزرق المصرى، ويتميز الأخضر المصرى أنه يتميز ببللوراته الشفافة الخضـــراء غـــير المنتظمة الشكل والتى تشابه مسحوق الزجاج الأخضر. ويوجد نمطين للأخضر المصرى، أحدهما لون غنى بالزجاج مع اللون الأخضر، والآخر لـــون أخضر واضح مع الزجاج والسيلكا، ويمكن أن يتواجد كلا النمطين فى عينة واحدة، ويرجع ذلك إلى الخلط غير الكامل للخامات أثناء التصنيع.

العديـــد مـــن عينات الأصباغ الخضراء يصعب تعريفها بسبب وجود مكونات مخـــتلفة بجانـــب نواتـــج التلف، وتم التعرف على عدة مخاليط للأزرق المصرى وكبريـــتوز الزرنـــيخ الأصفر على بردية متأخرة من القرن الأول ق.م، وبالفحص المجهـــرى وجد أن العديد من جسيمات الأزرق المصرى قد فقدت لونها وأصبحت حوافهـــا بنية اللون ربما بسبب الامتزاج مع كبريتوز الزرنيخ الأصفر الذى يتحلل بشكل كيموضوئى وتنبعث منه مواد كبريتيدية. ويعتقد أن هذه المواد الكبريتيدية قد هاجمت الأزرق المصرى لتنتج هذه الجسيمات عديمة اللون، ويلاحظ فى العديد من البرديات أن الأزرق المصرى والأصباغ الخضراء قد اكتسبت هالة سوداء، ووجد أن كبريتوز الزرنيخ الأصفر مجاوراً لمثل هذه المناطق غالباً. وبأخذ عينة لون من

بـــردية تـــؤرخ بالقرن الحادى عشر ق.م وجد أنها خليط من الأزرق المصرى مع صبغة خضراء لها خصائص مشابهة للملاكيت، وكلاً من كلوريد النحاس القاعدى والملاكيت هما نتاجان لتدهور الأزرق المصرى.

د- الكريزوكولا Chrysocolla (CuSiO3.2H2O)

استخدم الكريزوكولا للتلوين باللون الأخضر، وهو عبارة عن سليكات النحاس الطبيعية CuSiO3 والتى توجد عادة فى ترسيبات النحاس الثانوية وهو يشبه معدن الملاكيـــت غـــير أن لونـــه يمـــيل قليلاً إلى الزرقة، وهو متوفر فى مناطق وجود النحاس فى سيناء والصحراء الشرقية.

ويظهـــر الكريـــزوكولا تحت الميكروسكوب فى صورة بللورات متناهية فى الدقـــة لا لون لها، كما يتميز بثباته الكيميائي وعدم تأثره، ويتحلل بفعل الأحماض ويـــتحول إلـــى اللـــون الأســـود عندما يسخن مع المحاليل القلوية. وبدراسة اللون الأخضر على بردية للتأكد من أثريتها تم التعرف عليه أنه كان: Phthalocyanine الأخضر C32H15(IN8)

أى أنـــه تـــم الحصـــول عليه بمزج نسب مختلفة من الأزرق البروسى وصبغة صفراء. وباستخدام الميكروسكوب كانت عبارة عن خليط من أصباغ صفراء وزرقاء، والصبغة الخضراء القاتمة وجد أنها عبارة عن أزرق بروسى، أى أنها بردية مقلدة.

3-9 اللون الذهبى Gold

بفحـــص عينة من الذهب على طبقة جسو Gesso من كارتوناج يرجع تاريخه إلـــى القرن الأول ق.م باستخدام XRF لم يتم الكشف عن أى عناصر بخلاف الذهب، وقد استخدمت رقائق الذهب Gold Leaf على نحو واسع فى مصر القديمة.

وفـــى الـــبرديات المقلـــدة وعند تحليلها باستخدام SEM (EDX) اتضح أنهم اســـتخدموا نحاس نقى، والأجزاء البرونزية مصنعة من مزيج من النحاس والزنك. وبدراســـة الألـــوان وجـــد أن المصرى القديم قد استخدام بجانب الألوان الأساسية الســـابقة عـــدد قلـــيل مـــن تدرجات الألوان التى كان يحصل عليها بخلط الألوان الأساسية معاً، مثل اللون البرتقالى الذى كان خليطاً من المغرة الحمراء والصفراء. واللـــون البـــنى إمـــا خليطاً من الجبس والمغرة أو الهيماتيت والأسود، أو المغرة الصـــفراء والهيماتيـــت. وإن كان كلا من "لوكاس" و"صالح" ذكرا أن اللون البنى يكـــون علـــى وجه العموم من المغرة البنية وهى أكسيد طبيعى للحديد توجد أنواع جيدة منه فى الواحات الداخلية.

أما اللون الرمادى فكان يحضر بخلط الجبس أو المغرة الصفراء مع السناج أو مسحوق الفحم النباتى. بينما اللون الأحمر القرنفلى الذى انتشر استخدامه فى الدولة الحديثة فكان يحضر بخلط اللونين الأحمر والأبيض، وإن كان "رسل" عثر على لون أحمر قرنفلياً بإحدى المقابر التى ترجع إلى العصر اليونانى الرومانى يتكون من الفوة التى كان يحصل عليها من عروق نبات الفوة – على قاعدة من الجبس. كذلك لجأ الفنان المصرى القديم فى بعض الحالات إلى تغيير درجة اللون الأساسى المستخدم عن طريق إضافة نسبة قليلة من ألوان أخرى ومواد مثل الجبس، وقد ذكر "سلفرمان" أنه بتحليل لون أسود وجد على بالته ترجع إلى عصر الدولة الحديثة (محفوظة حالياً بمتحف كليف لاند للفن تحت رقم 980–14) وجد أنه يتكون من جرافيت مضافاً إليه نسبة قليلة من الأزرق المصرى.

4- تعليق على الألوان المستخدمة على البرديات:

4-1 يبدو أن بالته الألوان Painting Palette قد تم استخدامها فى كل مكان فى مصر القديمة، من العينات التى تم تحليلها وجد أن أهم إضافة للبالته هى كبريتيد الزئبقيك.

4-2 تم التعرف على كبريتيدات الزرنيخ خاصة كبريتيد الزرنيخ الأصفر على الأعمال الفنية المبكرة من القرن التاسع عشر ق.م، وتم التعرف على الهونتيت، كربونات المغنسيوم والكالسيوم على أنه الصبغة البيضاء على العديد من الألوان الفنية.

4- الألوان تتلف وتتحلل بمرور الزمن كما حدث مع الأزرق المصرى، والذى تحول إلى كلوريد النحاس القاعدى، والملاكيت ونتيجة لذلك بدت الصبغة الزرقاء التالفة خضراء، وعلى إحدى البرديات كان لون الأزرق المصرى شديد القتامة، أسود تقريباً. وقد يكون هذا السواد بسبب كبريتيد الزرنيخ الأصفر المصاحب للون والذى يتلف عند تعرضه للضوء وينتج مواد كبريتيدية من خلال التحلل الكيميائى الضوئى الذى يهاجم مركب أو أكثر من مركبات الأزرق المصرى ويسبب اللون القاتم، وتظهر هذه العملية بوضوح إذا كانت البردية التى تحمل الأزرق المصرى محفوظة بين لوحين من الزجاج، ففى هذه الحالة تصبح المواد الطيارة محصورة تحت الزجاج وتتفاعل مع الأصباغ المجاورة كما فى البردية رقم [JE 95652A] المحفوظة بالمتحف المصرى قاعة رقم 29.

4-4 كبريتـــيدات الزرنيخ وكبريتوز الزرنيخ الأصفر ونظير Realgar تم التعرف عليهم على برديات، وهذه المواد سامة، لذلك يجب الحرص عند التعامل معها أو معالجـــتها، وأمكـــن ملاحظـــة العديـــد من مظاهر تلف كبريتوز الزرنيخ الأصفر، وفى العديد من الحالات فقد لونه الأصفر اللامع.

5-4 ميكروســـكوب الرامان تقنية ذات أهمية كبيرة فى التمييز بسرعة وبكفاءة بين الـــبرديات القديمـــة والـــبرديات المزورة، وظهر ذلك عندما تم جلب برديات مصـــرية تنـــتمى إلـــى مجموعة خاصة إلى لندن عام 1998 للبيع فى مزاد علـــنى، وتـــم تحلـــيل ألـــوان برديتيـــن للـــتأكد من أثريتهم باستخدام رامان ميكروســـكوب ثـــم التأكد بتحليل SEM(EDX)، PLM وكانت نتائج التحليل للبرديتين ما يأتى:

- تـــتكون مجموعـــة الألوان الموضوعة على البرديتين اللتين تم فحصهما من أصـــباغ مركـــبة حديثة بشكل أساسى، فتم استخدام صبغة Anatase كلون أبـــيض، وتم تصنيعه عام 1923. اللون الأزرق – أزرق بروسيا – يرجع استخدامه إلى عام 1704م، واللون الأخضر كان صبغة Phthalocyamine والتى يرجع استخدامها إلى عام 1936م، والصبغة الزرقاء أيضاً كان مماثلة للـ Lazurite الأزرق أول استخدام لها عام 1828م.
- الأصـــباغ الحمـــراء العضـــوية التى تم الكشف عنها أصباغ B-naphthol والتى تم إنتاجها فى القرن العشرين، والصبغة الصفراء كانت Permanent Hansa Yellow Brilliant وهـــى صبغة حديثة الاستخدام بعد عام 1909. ومـــن ذلك استدل على أن البرديتين غير أثريتين وأنهما تم تلوينهما بعد عام 1939.

6-4 وعند تحليل مجموعة من الألوان على بردية من نسخ كتاب الموتى ومؤرخة مـــن حوالى القرن الثالث عشر ق.م عليها كتابات هيروغليفية باستخدام جهاز تفلـــور الأشـــعة الســـينية X-Ray Fluorescence Spectroscopy، وأيضاً باســـتخدام تحاليل كيمائية Wet Chemical Testing، وبالمقارنة مع شرائح معـــروف تركيـــب ألوانها كمرجع تم التعرف على ستة ألوان مختلفة كما فى الجدول رقم (1):

جدول (1)
تحليل ستة ألوان مختلفة باستخدام جهاز تفلور الأشعة السينية والتحليل الكيميائى

	Elements Detected by X-ray fluorescence		**Elements & Anions Confirmed by Wet Chemical Analysis**	**Probable Pigments**
Color	Major & Minor	Trace	-	-
Black	Ca, Fe, As	-	Fe	Carbon and Iron Oxide
Blue	Ca, Cu, Sn	As, Sr	-	Egyptian Blue CaO, CuO, 4SiO4
Green	Ca, Cu, As	-	Cu	Egyptian Blue CaO, CuO, 4SiO4 Orpiment As2S3
Red	Ca, As, Fe	Sr	As	Realgar, Iron Oxide
White	Ca	Cu, Fe, As, Pb, Sr, Zr		
Yellow	Ca, As, Ca, Fe	-	CO3, SO4	Calcium Carbonate CaCO3
		-	As	Calcium Sulphate CaSO4 Orpiment As2S3

يشير الجدول السابق إلى أن اللون الأسود يتكون من الكربون مع وجود الكالسيوم والحديد، واللون الأزرق عبارة عن الأزرق المصرى مع وجود الكالسيوم والنحاس، كما أن اللون الأخضر أيضاً كان عبارة عن الأزرق المصرى الذى تحلل بمرور الزمن وبدت الصبغة الزرقاء التالفة خضراء وأحياناً يكون من الأوربمنت مع وجود نسبة من النحاس والكالسيوم، أما اللون الأحمر فيتكون من الهيماتيت أو الريالجار مع وجود نسبة من الكالسيوم والزرنيخ، واللون الأبيض يتكون من كربونات الكالسيوم، وأخيراً يتكون اللون الأصفر من الأوربمنت أو كبريتات الكالسيوم.



الفصل الثانى

البرديٍ ، دراسة نباتية وأثرية

أولا: البردي لغوياً
ثانياٍ: علمِ البردي
ثالثاً: نبات البردي
رابعا: التركيب الكيمائي للبردي
خامساٍ: استخدامات البردي
سادساً: دور البردي في تعريب الدواوين
سابعا: أماكن تصنيع وانتشار البردي
ثامنا: انقراض البردي من مصر

الفصل الثاني
البردي ، دراسة نباتية وأثرية

أولا: البردي لغوياً :

1- البردى فى اللغة المصرية القديمة:

يعتـــبر نبات البردى من أشهر النباتات الطبيعية فى مصر القديمة فقد ذكر فى العديد من النصوص والكتابات المصرية القديمة ومن الدلائل الواضحة على أهميته بالنسبة للمصرى القديم استخدامه كعلامة هيروغليفية وحظى نبات البردى بعشرات الأســـماء فـــى مخـــتلف اللغات القديمة والحديثة من هذه الأسماء ما يصف حالاته المخـــتلفة وقـــت زراعـــته ونموه وعندما يصير غضا طريا، وهناك أسماء أخرى تصف الأماكن التى يزرع فيها النبات وأسماء تدل على الاستعمالات والاستخدامات المتنوعة كالكتابة والوصفات الطبية ووسائل حفظ الأطعمة والوسائد وغيرها.

وفيما يلى أهم الأسماء التى أطلقها قدماء المصريين على البردى :

1-1- أسماء تصف البردى وقت زراعته ونموه وهيئته الخارجية:

أكثر الأسماء شيوعا "محيت" أطلقوا على الساق أسم "واج" والتى تعنى أخضر ويعنى هذا الاسم معنى الخضرة والنضارة التى يتميز بها نبات البردى عندما ينمو فـــى وسط مناسب والتى كانت تبدأ من أوائل شهر يونيو إلى نهاية شهر أغسطس كذلك أطلقوا على نبات البردى أسم "حا" وأطلقوا على الحزمة التى تحوى مجموعة من سيقانه أسم "محو" ولأن نبات البردي كان ينمو وينتشر فى مستنقعات الدلتا فقد ضـــمن المصـــريون أسم نبات البردى فى اسم الدلتا منذ أواخر الألف الرابعة قبل المـــيلاد وذلك باعتباره ظاهرة إقليمية تزداد وضوحا فى مناطقها ولذلك فقد أطلقوا علـــيها اســـم "تـــامحو" والتى تعنى أرض البردى وفى الدولة الوسطى أطلق قدماء المصـــريون علـــى نـــبات البردى اسم "منح" وفى الدولة الحديثة أطلق على نبات الـــبردى أســـم "ثوف أو ثوفى" والذي يعنى أحراش البردى وأجماته الكثيرة وأطلق علـــى النباتات التى تشبه البردى كالبوص والغاب اسم "سعر" وكذلك اسم إسر(ى) وقـــد أســـتخدم شـــكل نبات البردى كمخصص فى العديد من الكلمات الهيروغليفية فأحـــيانا تكـــون هكـــذا (قطعة أرض) أكمه عليها ثلاث سيقان من البردى، وأحيانا أخـــرى تكـــون عبارة عن قطعة أرض عليها خمس سيقان من البردى منها اثنتان متدليتان ومنحنيتان لأسفل وهى الأكثر شيوعا فى الكتابة.

1-2- أسماء أطلقت على البردى بعد إعداده ورقا:

أطلق قدماء المصريين على لفافة البردي اسم "شفدو" وعلى كتاب البردي اسم "مجات" والتي اشتق منها لفظه "برمجات" pr-md3t والتى تعنى بيت الكتب "المكتبة" أو دار الوثائق، وأطلق على البردى المعد للاستعمال اسم "جماع" وورقة البردي غير المكتوبة "شو"

وهذه الأسماء وردت في لغة المصريين القدماء، والمتأمل فى حياة المصرى القديم يجد أن نبات البردى قد شغل حيزاً كبيراً من اهتمامه وعنايته. بجانب استخدامه لشكل البردى فى لغته فقد استخدمه أيضا فى فنونه ورسومه حيث اتخذ من شكل نبات البردى نموذجا لعمل أعمدة المعابد كما في مبنى بيت الشمال فى المجموعة الجنائزية للملك زوسر بسقارة كما كان يقوم أحياناً بعمل تيجان الأعمدة على شكل زهرة البردى فى حالة تفتحها كما فى معبد الكرنك أو شكل زهرة البردى وهى مازالت برعما غير مكتمل كما فى بعض أعمدة معبد الأقصر وفى بعض الأحيان يصور أجزاءه السفلى المغمور فى المياه فى عمل مجموعة من النقوش والزخارف والحليات أسفل أعمدة المعابد.

2- البردى فى اللغة اليونانية :

ذكر البردى فى اللغة اليونانية بالعديد من الاسماء منها :

2-1- "بابيروس":

وذكر هذا الاسم ثيوفراتس ويذكر البعض أن هذه الكلمة مشتقة من أصل مصرى قديم والتى تعنى ما يخص الملك أو النبات الملكى إشارة إلى أن البردى فى ذلك العهد كان وقفا على الاحتكارات الملكية.

2-2- "بيبلوس":

وذكر هذا الاسم كلا من سترابون وهيردوت وقد عرف البردى بهذا الاسم فى الغرب عامة وعند الإغريق بصفة خاصة ويعتقد عدد من الباحثين أن أصل كلمة بيبلوس ربما كان مقتبسا من الميناء الشهير فى مدينة (جبيل) على ساحل فنيقيا شمالى بيروت وأسم هذه المدينة حتى اليوم (بيبلوس) حيث كان يصدر البردى ولفافاته من مصر للفينيقيين عن طريق ميناء هذه المدينة اللبنانية وأشتق من أسم هذا الميناء لفظ الكتاب المقدس Bible والتى اشتقت منها كلمة بيبليوتك Bibliotheque والتى تعنى مكتبة.

2-3- "ديفتراى":

حيث أشار هيردوت إلى استخدام البردى بمعرفة اليونانيون الذين أعطوه أسم (ديفـــتراى) بمعـــنى الجلـــد أو البرشمنت حيث كان يستخدم كمادة للكتابة فى جزر اليونان قبل إدخال لفائف البردى المصرى إلى هذه الجزر. وجاء من كلمة دافتراى كلمة (دفتر) فى اللغة العربية المستخدمة حتى الآن.

2-4- "خارتس":

والـــتى تحولت بعد ذلك فى اللاتينية إلى (كارتا) Chart والتى اشتق منها فى اللغـــة العربـــية لفظة (خارطة) وحرفت بعد ذلك إلى خريطة ثم قرطاس وكلاهما مازال يستخدم حتى الآن.

والجدير بالذكر أن القدماء من أهل أوروبا فى بداية العصور الوسطى عرفوا البردى باسم (Cyperus papyrus) وذلك لأنه كان يصل أول الأمر إلى قبرص ثم يرسل منه إلى بلاد اليونان على أيدى الفينيقيين.

3- البردى فى اللغة القبطية:

اللغة القبطية تعتبر المرحلة الأخيرة للغة المصرية القديمة، وظهرت فى فترة ظهـــور المسيحية فى مصر، ومن الأسماء التى أطلقت على نبات البردى وتضمنته النصـــوص القبطـــية اسم "أربين" ومشتقاته ويصعب رد اسم "أربين" إلى أصله فى اللغـــة المصرية القديمة. وكذلك ورد اسم "أربى" ويعتقد أنه مشتقا من الاسم السابق "أربين" وربما أخذ العرب من هذا اللفظ اسم البردى فى اللغة العربية.

4- البردى فى اللغة العبرية:

ورد الـــبردى فـــى اللغة العبرية باسم "صوف" وهو مشتق من كلمة ثوف أو ثوفـــى فى اللغة المصرية القديمة والتى كانت تطلق على البردى عندما يكون كثيفا علـــى هيـــئة أحراش فى مستنقعات الدلتا. ويمكن أن تكون مشتقة من كلمة "جوف" القبطية كما ذكر البردى فى المشنا والتلمود بما يرادف كلمة (papyrus).

5- البردى فى اللغة العربية:

ذكـــر البيرونى أن البردى كان مفضلا عن غيره من مواد الكتابة الأخرى فى العصـــر الإسلامى لأنه لا يمكن محو الكتابة عليه دون إتلافه، لذلك فضله الخلفاء وعلـــيه القـــوم فى عمل مراسلاتهم ومكاتباتهم. وظهرت للبردى أسماء عديدة فى

العصـــر الإســـلامى منها أسماء أطلقت عليه كنبات قبل تصنيعه ورقا ومنها أسماء تصف الحالات التى يمر بها هذا النبات.

واللغة العربية زاخرة بمترادفات كثيرة لهذا النبات الذى انتشر وذاع صيته فى جمـيع أرجاء البلاد الإسلامية، ولاسيما بعد الفتح العربى لمصر التى أصبحت قلب العـالم الإسلامى، وقد أطلق على البردى كثيراً من الأسماء فى اللغة العربية، نذكر منها:

- **بـــردى:** ورد الاسم فى جميع معاجم اللغة العربية والأجنبية، ومن اسم بردى اشـــتقت أسماء أخرى من نفس اللفظ منها أبرديّ Abardi وبردى – وهو لفظ أضافه العامة لكل ما صنع من هذا النبات؛ فقالوا حصر بردى، وورق بردى وبردية.
- **حفـــأ:** الحفـــأ هو البردى، وقيل هو البردى الأخضر مادام فى منبته، وقيل أن المغاربة يسمون نبات البردى حفّأ.
- **الخُـــراط – الخُرّاط – الخُرّيطى – الخُراطي:** كلها أسماء مشتقة من الخرْط، وقيل الخـــراط نبـــت يشـــبه البردى. وربما جاءت هذه الأسماء من كون خرط القشرة الخضراء للنبات عن اللبّ الأبيض، أى نزع لحاء النبات عن اللب الأبيض.
- **خضـــــد:** الخَضَــد (بفـــتح الخاء والضاد) وهو ما تكسر وتراكم من البردى وسائر العيدان الرطبة. وربما جاء هذا الاسم من كون ليونة ساق البردى التى تنثنى دون كسر فيه.
- **خـــوص:** هو ورق النخل، وذكر ابن البيطار أن البردى هو الخوص، وربما سمي بالخوص لمشابهة ورقه خوص النخل.
- **سَرير:** وقيل هو الجزء الأسفل من ساق النبات ويكون مغموراً فى الماء.
- **عُنْقُرْ:** ويقصد بهذا الاسم ساق البردى الطويل، وجاء هذا الاسم من بياض لبّ ساقه.
- **غريف:** وهو الشجر الملتف، وقيل الأجمة من البردى.
- **القنصف:** قال أبو حنيفة هو البردى إذا طال.
- **نـــبخ:** وهو أصل البردى يؤكل فى القحط، والنبخة: بردى يجعل بين كل لوحين من ألواح السفينة. وربما جاء هذا الاسم من كون ساق البردى جوفاء رخوة.
- **طومار:** طَمَرَ البئر طمراً أى دفنها، ومن هنا كانت تسمية ورق البردى، فهو يلف فلا يعرف ما كتب بباطنه. والطامور والطومار هو الصحيفة وهو مشتق مـــن اليونانية Tomarian بمعنى لفافة والجمع طوامير، وذكر فى معنى قوله

تعـالى: { تَجْعَلُونَــهُ قَرَاطِيسَ} أنها الطوامير، وقيل أن الطوامير معمولة من البردى.

- **قــرطاس:** القــرطاس يتخذ من بردى يكون بمصر، والقرطاس كله الصحيفة الثابــتة التى يكتب فيها وقد نقلها العرب عن اليونانيون من Chartes وتقابلها فــى اللاتينــية Charta ومــتى قيل فى الطب "قرطاس محرق" فإنما يراد به القرطاس الذى يكون من البردى. وقيل أن يوسف النبى – عليه السلام – أول من عمل القرطاس. وقد كان اسم قرطاس الأكثر شيوعاً واستعمالاً بين الناس لقولــه تعــالى {وَلَــوْ نَزَّلْنَا عَلَيْكَ كِتَابًا فِي قِرْطَاسٍ فَلَمَسُوهُ بِأَيْدِيهِمْ لَقَالَ الَّذِينَ كَفَــرُواْ إِنْ هَــذَا إِلاَّ سِحْرٌ مُّبِينٌ}[1] وقوله تعالى: {وَمَا قَدَرُواْ اللّهَ حَقَّ قَدْرِهِ إِذْ قَالُواْ مَا أَنزَلَ اللّهُ عَلَى بَشَرٍ مِّن شَيْءٍ قُلْ مَنْ أَنزَلَ الْكِتَابَ الَّذِي جَاء بِهِ مُوسَى نُــورًا وَهُــدًى لِّلــنَّاسِ تَجْعَلُونَهُ قَرَاطِيسَ تُبْدُونَهَا وَتُخْفُونَ كَثِيرًا وَعُلِّمْتُم مَّا لَمْ تَعْلَمُــواْ أَنتُمْ وَلاَ آبَاؤُكُمْ قُلِ اللّهُ ثُمَّ ذَرْهُمْ فِي خَوْضِهِمْ يَلْعَبُونَ}[2]. وقد أضاف ابن حوقل كلمة القرطاس إلى الطومار (على الجمع) فقال: أكثره (أى البردى) يفتل حبالاً لمراسى المراكب، وأقله يعمل للسلطان منه "طوامير القراطيس".
- **ببير:** ذكر ابن البيطار اسم ببير كاسم من أسماء البردى فى صقلية، وقال من هــذا الــنوع مــن البردى كانت تتخذ القراطيس المستعملة فى الطب بالديار المصرية.
- **بربــير:** يقول ابن حوقل فى وصف صقلية: وفى خلال أراضيها بقاع قد غلب علــيها البربــير وهو البردى المعمول منه الطوامير، ولا أعلم لما بمصر من هذا البربير نظيراً على وجه الأرض إلا ما بصقلية منه.
- **فافير:** سمى البردى فى بعض كتب العرب باسم فافير، وهو اسمه اليونانى.
- **بــابورس:** ورد الاسم فى معاجم اللغة الأجنبية ليعنى نبات البردى (Popuros)، وقــيل فــى معنى بابورس: إنه مصرى الأصل ينمو على شواطئ النيل، ولا يــزال يوجــد فــى الحبشــة، وســوريا، صنع منه المصريون مادة الكتابة، والمخطوطات على هذه المادة.

ومــن الدراسة اللغوية لكلمة بردى يمكن القول أن أصل الكلمة هو Pa-pr-c3 (المنــتمى للقصــر)، ثــم حورت إلى παπρο فى القبطية و παπρos في اليونانية وبــردى فــى اللغــة العربية وPaper فى اللغات الأخرى وكلمة Papyrus مفرد وجمعها Papyri.

1- سورة الأنعام: آية رقم 7.

2- سورة الأنعام: آية رقم 91.

ثانيا: علم البردي "Papyrology"

هو علم يبحث فى طرق ترجمة المخطوطات البردية، ودراسة ونشر محتوياتها، وترميم التالف منها، وقد تقدم علماء البردى تقدماً ملموساً فى عمليات ترميم أوراق البردى قياساً لما كانت عليه سابقاً لتقدم علوم الكيمياء والتكنولوجيا الحديثة.

وعلم البردى فرع مهم من فروع المعرفة، يتصل اتصالاً وثيقاً بتاريخ مصر وحضارتها ويدرس كل ما كان مكتوباً على صفحات البردى، وما أكثر الأنواع واللغات التى استخدمت فى الماضى وسطرت بها صفحات البردى فهناك البردى الهيروغليفى والهيراطيقى والديموطيقى واليونانى والآرامى أو العبرى واللاتينى والقبطى والفارسى والعربى.

وعلم البردى توأم لعلم النقوش، فكل منهما شب وترعرع فى بيئة مصرية واحدة وبينهما أكثر من علاقة وثيقة من حيث السمات والكثير من المصطلحات والرموز العديدة المطبقة فى كليهما، إلا أنه فى مستهل سنوات القرن العشرين تركزت اهتمامات العلماء عليه، واستحوذ على جل اهتمام العلماء والباحثين فى مجال الدراسات الكلاسيكية – وذلك بفضل سهولة تداول أوراقه وقصاصاته وإمكان اقتنائها والمحافظة عليها.

وفى بعض الأحيان يستعمل اصطلاح Papyrology بشيء من التوسع ليشمل النصوص الإغريقية واللاتينية التى وجدت فى مصر مكتوبة على مواد غير البردى، مثل البارشمنت أو الخشب أو العظام أو قطع الأوانى الفخارية (اللخاف أو الاستراكا) أو الأصداف التى كانت تستعمل للكتابات القصيرة كالإيصالات.

أم الحفر على الأحجار فيشكل موضوعاً قائماً بذاته وهو ما يسمى علم النقش على الأحجار ويمكن اعتبار علم البردى هو العامل المشترك فى كل العلوم المتصلة بحضارة مصر.

وبالنسبة للبدايات الأولى لعلم البرديات العربية كان فى عام (1824) عندما عثر بعض الفلاحين فى منطقة سقارة فى محافظة الجيزة على إبريق صغير من الفخار وجدت بداخله برديتان عربيتان وصلتا بطريق أو بآخر لأحد ممثلى البعثات الأجنبية فى مصر ويدعى برناردو دروفيتى (Bernard Drovetti) وكان يشغل منصب قنصل فرنسا فى مصر فسلمها لأحد الدارسين والمهتمين بالآثار الإسلامية وهو سلفستر دى ساسى (Silvester de Sacy) الذى أعتنى بها مع برديات عربية أخرى وقام بنشرها فى صحيفة العلماء Journal de Savants الصادرة فى باريس.

مخطوطات ووثائق البردى:

المخطوط: (Manuscript)

هـــو كل ما دون بخط إنسان سواء كانت رسالة أو وثيقة أو عهداً أو كتاباً أو حتى نقشاً على الحجر أو رسماً على القماش، وتختص دراسة المخطوطات يتناول ما دون قبل معرفة الطباعة وإن صح أن نطلق على تلك الفترة (ما بين قبل التاريخ وعصـــر معـــرفة الطـــباعة) عصر المخطوطات. واشتق من لفظة مخطوط علم الخطاطـــة الـــذى يبحث فى أصول الكتابة العربية ويتناول المادة التى يكتب عليها والتى من أهمها مادة البردى، ويعتبر القرآن الكريم أهم مخطوط إسلامى عربى.

الوثيقة: (Document)

فهـــى تعـــنى شيء مكتوب بطريقة ما صادره من جهة موثوق بها وإن كانت أساســـاً لـــم تكتـــب للـــتاريخ ولكـــن تكتب عادة لغاية محددة إدارية أو قضائية أو حربـــية..، وهى غنية بالمعلومات، ويجب حصر هذه الوثائق وفهرستها وترميمها ودراســـتها ونشـــرها لأنه إذا لم تكن هناك وثائق فليس هناك تاريخ، فالوثائق هى الأصـــول التاريخـــية الـــنزيهة التى تعتبر منبعاً بكراً وأصيلاً لدراسة العصر الذى يبحـــث فيه، فهى لب الدراسات التاريخية، ويعتبر البردى من المواد الأساسية التى كتبت عليها الوثائق.

الكشوف البردية:

أول الاكتشـــافات الـــبردية التى تم تسجيلها كان فى هيراكولونيوم بالقرب من نـــابولى فـــى إيطاليا بين سنتى (1752–1754م)، فقد عثر هناك على لفات بردية عديـــدة ولكنها وجدت جميعها متفحمة وهذه البرديات بقايا مكتبة مكونة من مؤلفات فلسفية تخص كتاباً من مدرسة فيلاديموس وأبيقور من معاصرى شيشرون. أما فى مصـــر فكانت باكورة الاكتشافات البردية فى عام 1778 عندما عرض جماعة من الفلاحيـــن علـــى تاجـــر أوربـــى حوالى 50 لفافة بردى فابتاع التاجر إحدى هذه البرديات انتقلت بعد ذلك إلى الكاردينال (ستيفانو بورجينا) وأصبحت تعرف بورقة بورجيـــنا (Charta Borgiana) وتشـــتمـــل هذه الوثيقـــة على ثبت بأسماء العمال المســـتخدمة فـــى إقامة الجسور عام (192م) ويبدو أن مكان عملهم كان الفيوم وتم نقـــل هـــذه الوثـــيقة من مصر إلى إيطاليا فى عام 1778م وهى محفوظة الآن فى متحف نابولى، ومنذ عام 1877م أخذت تتوالى كشوف هائلة من البردى من حفائر مـــن عـــدة مناطق منها إقليم الفيوم وأخميم ومناطق أخرى. وأقدم ما عثر عليه من

أوراق البردى قصاصة غير مكتوبة عثر عليها فى مقبرة (حم كا) أحد كبار رجال الدولة فى الأسرة الأولى بسقارة.

ومـــن أقدم ما وصلنا من البرديات المكتوبة أجزاء من رسالة ترجع لعهد الملك (نـــى وســـر رع) مـــن الأســـرة الخامسة عثر عليها بمعبد الشعائر لهرم هذا الملك وأجزاؤها الآن موزعة بين عدد من المتاحف مثل المتحف المصرى بالقاهرة متحف برليـــن ومجموعة بورخارت الخاصة ثم متحف الجامعة بلندن. ومن الاكتشافات التى لهـــا طـــابع مخـــتلف والتى تمت فى عام 1915م مجموعة من الوثائق تعرف باسم أرشـــيف ذينون (Zenon Archive) وذينون هذا كان يعمل وكيلاً لأبوللونيوس وزير مالـــية بطلـــيموس فيلادلفوس واحتفظ هذا الوكيل بسجل لجميع مكاتباته فكانت كنزاً ثميـــناً عـــندما عثر عليه ولكن هذا التراث تفرق بين جهات علمية وأوربية وأمريكية واحتفظ المتحف المصرى بنصيب كبير منها.

مصادر الكشف عن البردى:

هناك ثلاث مصادر رئيسية للكشف عن أوراق ولفائف البردى وهى كما يلى:

1- المقابر:

ويوجد البردى داخل المقابر لعدة أسباب فقد يوضع مع المتوفى على أنه أثاث جـــنائزى وينطـــبق هـــذا على معظم البردى الهيروغليفى والهيراطيقى وأهم هذه المجموعـــات كـــتاب الموتـــى الذى كان بمثابة جواز سفر تستخدمه الروح خلال رحلـــتها إلى العالم الآخر وهو يحتوى على كل ما يلزم من صيغ وتعاويذ وإجابات صحيحة لما قد يوجه من أسئلة للمتوفى وعلى ذلك كان أمراً طبيعياً أن يوضع هذا الكـــتاب مـــع الميت فى قبره، وإذا كان المتوفى ممن يميلون للقراءة فتوضع معه بعض الكتب المحببة لنفسه أو يستخدم البردى فى عمل صناديق المومياوات والتى تشكل فى صورة المومياء فكان يلصق عليها طبقات من البردى أو الكتاب بالغراء حتى تصبح أشبه بالورق المقوى وتشكيلها فى صورة المومياء، ثم تغطيتها بالجبس المطلـــى بلـــون، فـــإذا ما فتحت هذه الصناديق وفصلت طبقاتها بعضها عن بعض وأزيل الطلاء والجبس اصبح فى الإمكان الحصول على البردى الذى كان مستعملاً فى العادة كمادة للكتابة. وجرت العادة أن هذا الورق كان يعثر عليه مغطى بكتابات مخـــتلفة فى لفائف طويلة بعضها سليم وأغلبها فى حالة سيئة، كما كانت مومياوات الحـــيوانات المحنطة من عجول وتماسيح وقردة وطيور الأيبس (Ibis) (أبو قردان) تحشـــى بطونهـــا وأحشـــاؤها بأوراق البردى التالفة والتى تقادم عليها العهد ففقدت

قيمـــتها وأهميـــتها ثم كانت هذه المومياوات تلف بغشاء من أوراق البردى ثم تلف بطبقة من الجص.

2- أطلال المساكن والبيوت القديمة:

وفى هذا المصدر أمل كبير فى العثور على بردى فى حالة تكاد تكون سليمة، فعـــند الهجرة من منزل فإن سكانه كانوا ينقلون منه كل محتوياته ذات القيمة ولكن لـــم يكـــن كل فرد حريصاً على إخلاء مسكنه من جميع محتوياته كلية، كما أنه قد توجـــد عوامـــل أخرى مثل انهيار المسكن، وتم العثور على لفافات بردى فى حالة جيدة فى تلك الآثار.

3- أكوام القمامة الموجودة بالقرب من الأماكن التى كانت مأهولة بالسكان:

والـــتى كان الناس فى قديم الزمان يلقون فيها فضلاتهم فى محيط المدن التى كـــانوا يسكنونها وفى القرى المتناثرة على حواف واحة الفيوم شرقاً وغرباً وجنوباً ثـــم شمال بحيرة قارون، وهناك مدن كثيرة فى صعيد مصر جاءت بأوراق بردية نذكـــر مـــنها الأشمونين بإقليم المنيا، وكوم الشيخ عبادة وجزيرة الفانتين بأسوان. وكانـــت لفـــائف البردى تمزق قبل رميها إلا أنه فى بعض الأحيان لم يكن تمزيقها دقـــيقاً وعلـــى ذلـــك يمكن أن يعثر على قطع ذات حجم كبير بجانب القصاصات الصغيرة وفى بعض الأحيان يمكن تجميعها.

وفـــى بعـــض الأحيان لم تكن الوثائق تمزق قبل رميها ومع ذلك فإنها كانت تـــتلف وتـــتآكل بتأثير الرمال التى تحملها الرياح وأحياناً تتعرض لأضرار بسبب الـــنمل الأبـــيض، وكان يعمد بعض الأهالى عند استكشاف لفافة كاملة إلى تقطيعها إلـــى جزئييـــن أو ثلاثة أجزاء، ثم تقسم فيما بينهم وتباع مجزأة وعلى ذلك فأغلب الـــبردى الـــذى كـــان يعثر عليه فى أكوام القمامة غير كامل. وبذلك تتفرق المادة العلمية وتتوزع بين أيدى كثيرة وفى بلدان ومتاحف كثيرة.

كيفية حفظ لفافات البردى قديماً:

كانـــت وثـــائق ولفافـــات البردى تحفظ فى جرار أو مشكاوات مناسبة أو فى صـــناديق مـــن الخشب كثيراً ما مثلتها النقوش موضوعة أمام الكتبة، وربما كانت تثبـــت علـــى كـــل صندوق منها بطاقة صغيرة من القاشانى عليها اسم الكتاب أو البردية ومن أمثلتها البطاقة المحفوظة بالمتحف البريطانى رقم (22878) من عهد أمنحوتب الثالث.

ومـــن أمثلة البرديات التى وجدت داخل صندوق خشبى البرديات العشرة من الأسرة السادسة بمنطقة الجبلين وكذلك بعض البرديات التى عثر عليها بأحد المقابر خلف معبد الرمسيوم.

كمـــا أن العالم الإيطالى بسالكوا (Passalacqua) يقرر أن بردية برلين الطبية رقـــم (3038) قد وجدت فى سقارة فى إحدى الجرار مع بردية برلين القانونية رقم (3047). وفى بعض الحالات النادرة قد يعثر الإنسان على أوانى فخارية مختومة بخـــاتم مـــن الطيـــن علـــى فوهاتها وبداخلها أوراق بردية مطوية، أراد أصحابها الاحتفاظ بها لأهميتها كسجلات أو عقود زواج أو بيع أو رهن.

نماذج مما دون على البردى:

أ – البردى المصرى القديم، ويشتمل على:

- **معلومـــات تاريخـــية:** مـــثل بردية تورين المحفوظة بمتحف تورين بإيطاليا وتـــرجع إلى أيام الرعامسة وتشمل هذه البردية قائمة بأسماء الملوك الفراعنة ابتداء من مينا وحتى نهاية الأسرة التاسعة عشر.

  ومـــن الـــبرديات الهامـــة الـــتى تناولت بشكل واضح الحياة الاقتصادية والاجتماعـــية والقانونـــية فـــى مصر فى المرحلة المتأخرة فى تاريخها هى الوثـــائق الديموطيقية، والخط الديموطيقى هو الأكثر تبسيطاً بالنسبة للخطوط الأخـــرى (الهيروغليفـــية، الهيراطيقـــية، القبطية)؛ ولذلك فهو الأكثر صعوبة والأقـــل انتشـــاراً مـــن حيث الدراسة رغم كثرة مصادره، وهو أحد الخطوط الثلاث التى كُتب بها حجر رشيد إلى جانب الهيروغليفية واليونانية.

- **الحكـــم والمواعـــظ:** مثل بردية بولاق – المحفوظة بالمتحف المصرى، وقد كتبـــت فى عهد (توت عنخٍ آمون) وهى تشتمل على 9 صحائف مكتوبة بالقلم الهيراطيقى وتتضمن حكماً وضعها آنى الحكيم لتلميذه خونس حتب.

- **بـــرديات قصصـــية:** مـــثل قصة سنوهى، وهى خير ما يمثل الأدب المصرى القديـــم لخصائصـــها من ناحية التركيب واللغة والأسلوب ومثلها قصة الملاح الغـــريق، والفـــلاح الفصـــيح وغيرها، ويشتمل البردى الفرعونى على أنواع أخـــرى مثل البرديات الطبية (بردية إيبرس)، وبرديات الفلسفة والأدب (بردية تشمل وصايا للملك مرى كارع).

- **الـــبرديات الرياضـــية:** لقـــد وصل إلينا حتى الآن فى مجال الرياضيات ستة برديات وهى برديات رايزنر، موسكو، كاهون، البردية الجلدية، ريند، برلين، وكتبت كل هذه البرديات بالخط الهيراطيقى.

- **بردية ريند الرياضية:** تم العثور على بردية ريند الرياضية فى منتصف القرن التاسع عشر فى ضمن أطلال مبنى قديم قرب معبد رمسيس الثانى بالأقصر، وقـــد كانت بردية ريند مفصولة إلى قسمين، ويقوم المتحف البريطانى بعرض أحـــد هذيـــن القسمين بينما القسم الآخر محتفظ به فى المخازن، وهناك جزء مفقـــود بين القسمين المذكورين وقد عثر على أجزاء متناثرة صغيرة منها فى الأقصر فى عام 1862 وهى معروضة الآن بمتحف بروكلين بنيويورك.

وتتكون بردية ريند فى حالتها الأصلية من لفافة Roll متواصلة تتكون من 14 ورقـــة منفصـــلة من البردى تم لصقها معاً لتكون هذه اللفافة المتواصلة، وتـــبلغ أبعـــاد كل ورقة 40سم× 32سم وهو ما يمثل الحجم المعتاد لصفحات الـــبردى فى العصر الفرعونى وعلى ذلك فيبلغ الطول الإجمالى لبردية ريند حوالى 513 سم، ويوجد كتابة على وجهى البردية.

- **الـــبرديات الطبـــية:** معظـــم معلوماتنا عن الطب المصرى القديم نستمدها من خمس عشرة بردية مشهورة وبعض الأوستراكا (شقف الفخار المكتوب) التى تـــم العثور عليها خلال القرنين الماضيين، كما نستمد جانباً من معلوماتنا من مصـــادر أخـــرى مـــثل نقوش المعابد والمقابر، أو من البرديات غير الطبية (الخطابـــات – الشـــعر...) وكذلـــك مـــن بعض الكتابات اليونانية. وتتناول الـــبرديات الكثـــير من الموضوعات الطبية مثل: بناء جسم الإنسان – وصف الأمـــراض إكلينيكـــياً – العقاقير الطبية – أساليب علاج الكسور والكدمات... الـــخ. وتعتمد دراسة الطب المصرى القديم أساساً على برديات إيبرز وإدوين سميث وكاهون وهيرست باعتبارها تتضمن معظم المعلومات العلمية.

ب– البردى اليونانى:

ويشـــتمل علـــى [بطاقات دعوة للزواج – شكاوى – محاكمات – خطابات – صكوك الدين... الخ]، ومن أشهر أمثلة البردى اليونانى برديات البحر الميت.

– برديات البحر الميت:

لقد حفظت لنا الصحراء المحيطة بالبحر الميت برديات إغريقية وبدأ التنقيب فى تلك الصحراء بعد أول اكتشاف للفائف البردى فى أحد الكهوف عام 1947م، وترجع إحدى هذه المجموعات إلى القرن الثانى الميلادي، وتتكون تلك المجموعة من بعض الأوراق يـــدور موضـــوعها حول جنود رومانيين يبحثون عن اليهود الهاربين، كما توجـــد مجموعـــة أخرى ترجع إلى عهد أبعد من ذلك، ووجدت نصوص من النسخة الإغريقـــية من العهد القديم فى كهف قمران. ويعتقد أن الخط يرجع إلى فترة لا تزيد

عن أوائل القرن الأول الميلادى، ولا شك أن تلك اللفائف كانت خاصة بمعتنقى اليهودية فى قمران، واللذين كانوا يستطيعون قراءة الإغريقية، وقد أدت عمليات البحث المكثفة التى قامت بها السلطات اليهودية لهضاب البحر الميت إلى اكتشاف لفافة عام 1960م بها خمس عشر خطاباً مرسلة باسم قائد التمرد اليهودى عام 132 م، وكانت اثنان من هذه الخطابات باللغة الإغريقية.

كما وجد فى كهف آخر أطلق عليه كهف الرسائل سجل لأحد الأسر اليهودية تتضمن وثائق باللغة النبطية والآرامية والإغريقية، والبرديات الإغريقية والتى يتراوح تاريخها بين 110م و132م عقود تمليك واتفاق زواج وبعض التفاصيل الخاصة ببعض القرارات القانونية.

وفى عام 1963م تم اكتشاف لفافة محروقة من البردى يعتقد أنها من القرن الرابع قبل الميلاد وذلك فى ديرفينى Derveni شمال سسالونيك Thessalonik فى مقدونيا Macedonia (اليونان)، وقد أحرقت اللفافة خارج المقبرة بعد عملية الدفن كأخر إجراءات الطقوس الدينية. ويذكر أن عمليات التنقيب التى نظمتها البعثة الدراسية لجامعة ميلان قد عثرت على 400 نصاً على البردى فى مدينة المعادى فى عام 1966م، ويمكن الإشارة إلى عمليات التنقيب التى قامت بها جمعية الاستكشافات المصرية فى قصر إبريم Qasr Ibrim فى النوبة عام 1963م، ووجدت على أرض كنيسة هناك برديات إغريقية للوعظ والإرشاد، وكذلك نصوصاً قبطية وأخرى باللغة النوبية القديمة.

ج- البردى القبطى:

وأشهر البرديات القبطية، برديات نجع حمادى التى اكتشفت عام 1946 وهى مكتبة تحوى على 41 كتاباً تحوى نصوصاً أصلية من التعاليم والكتب الدينية. وتعتبر هذه المجموعة من أهم مجموعات البردى التى اكتشفت فى مصر خلال القرن العشرين.

- برديات نجع حمادى: (مخطوطات العارفين بالله)

يوجد بمصر أهم مخطوطات الفلسفة الغنوسية والتى تجمع بين الفكر الغنوسى والفكر المسيحى، وتعد من أهم المخطوطات فى العالم والنسخة الوحيدة الشاهدة على هذا الفكر، وتتمثل فى مخطوطات نجع حمادى.

- مكان الاكتشاف:

قرية حمرة دوم التابعة لبلدة القصر التابعة لمركز نجع حمادى محافظة قنا ولذلك ارتبط اسم المخطوطات باسم المركز الذى عُثر عليهم فيه، ولذلك نجد

المصطلح المتعارف عليه لهذه المخطوطات هو NHC وهو مختصر لكلمة كراسات نجع حمادى وأحياناً أخرى يكتب NH فقط.

- مادة مخطوطات نجع حمادى:

جميعهم من أوراق البردى وحفظت بطريقة الكراسات كل كراس داخل حافظة من الجلد، يكونون ثلاث عشرة كراسة بثلاثة عشر غلاف جلدى جميعهم محفوظين بالمتحف القبطى بالقاهرة ماعدا غلاف واحد محفوظ بالولايات المتحدة الأمريكية.

- موضوع مخطوطات نجع حمادى:

كان يظن إلى وقت قريب أن مصر لم تعرف الفلسفة الغنوسية إلا بعد اكتشاف مخطوطات نجع حمادى فتأكد للباحثين والدارسين أن الفكر الغنوسى قد دخل إلى مصر فى القرن الثانى ق.م.

وقد اعتنق مجموعة من أصحاب هذه الديانة المسيحية إلا أنهم لم يستطيعوا التخلص من كل أفكارهم القديمة وكذلك لم يؤمنوا بكل ما جاء فى المسيحية فمزجوا بين الفكرين.

وقام العلماء بدراسة النصوص للثلاثة عشر كراسة ووجدوا أنها تحتوى على واحد وخمسين نصاً وقاموا بترجمة النصوص والتعليق عليها باللغة الأوربية، وتعتبر مخطوطات نجع حمادى المدرسة الأولى لفن زخرفة المخطوطات القبطية.

د - البردى العربى:

استخدم البردى فى العصر الإسلامى فى المراسلات والتدوين وكتابة القرآن الكريم والوثائق والخطابات، وعقود الزواج، عقود الطلاق، بيع - شراء - عمل - إيجار... الخ.

- أشهر الكشوف البردية العربية:

عثر فى بلاد الصعيد الأقصى وعواصمه ومدنه وبعض قراه على برديات قديمة جداً ترجع إلى القرون الثمانية الأولى للهجرة، فمنها ما يرجع إلى عهد الخلفاء الراشدين، ومنها ما يرجع إلى عهد خلفاء بنى أمية.

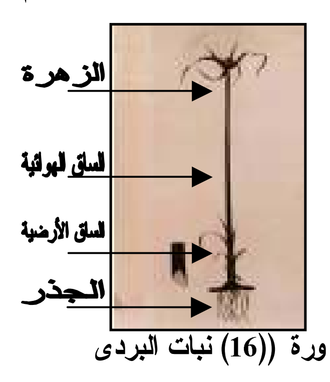
ومن أهم البرديات العربية الإسلامية التى عثر عليها:

فى مدينة إخميم لفافة بردية طويلة تؤرخ لسنة 25هـ من نهاية عصر الخليفة الراشد عمر بن الخطاب وبداية عصر الخليفة الراشد عثمان بن عفان مكتوبة بثلاثة لغات (العربية والقبطية واليونانية) وتحتوى هذه الوثيقة البردية الديوانية على التظلم الإدارى الذى رفعه أهل مدينة إخميم لوالى إقليم قنا من قبل دولة الخلافة الإسلامية.

البرديات التى عثر عليها بمنطقة تل إدفو بمدينة إدفو بمحافظة أسوان، وهى ترجع إلى العصر العباسى الأول فى القرن الثالث الهجرى، ومنها مخطوطة كاملة مكتوبة على كتاب مصنوع من أوراق البردى العربية من كتاب الجامع فى الحديث النبوى للإمام الحافظ المحدث الفقيه عبد الله بن وهب القرشى المالكى المصرى نشره وصور صفحاته على لوحات المستشرق ديفيد فيل، بمطبعة المعهد الفرنسى للآثار الشرقية عام 1963م، والأصل البردى المخطوط محفوظ بمتحف الفن الإسلامى بالقاهرة، وهو يعد من أقدم المخطوطات العربية.

ثالثاً: نبات البردى:

وهو نبات ينمو فى المستنقعات والأراضى الضحلة التى يغطيها الماء بعمق لا يزيد عن 50سم، وينتمى نبات البردى للنباتات ذات الفلقة الواحدة واسمه اللاتينى Cyperus papyrus L وينتمى لعائلة نبات السعديات (Fam:Cyperaceae)، ومعظم الأنواع معمرة، والقليل منها موسمى ومعظم الأنواع محبة للماء مثل البردى، ونبات البردى من أهم النباتات المكونة للسدود نظراً لسرعة انتشاره وتشابك ريزوماته وجذوره تشابكاً شديداً مكونة كتل ضخمة لا تلبس بفعل الأعاصير وارتفاع منسوب المياه أن تقتلع وتطفو فوق سطح الماء فيجرفها التيار معه وبتجمعها هكذا فوق مجارى الأنهار تتكون السدود.



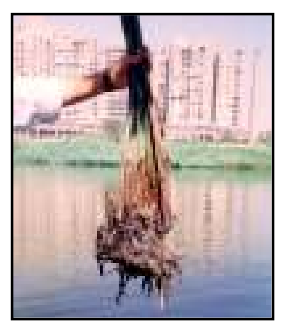
ورة ((16) نبات البردى

1- تركيب نبات البردى: يتكون نبات البردى من الأجزاء التالية:

1-1 الجذر Root

الجذر الأولى يكون موجوداً فقط أثناء مراحل النمو الأولى ثم يموت سريعاً ويستبدل بجذور عرضية هذه الجذور تكون رفيعة متفرعة ويكون لونها أبيض عندما تكون صغيرة ولكنها تصبح حمراء بنية عندما تنضج، وعند دراسة قطاع فى الجذر وجد أن طبقة القشرة "Cortex" والتى تتكون من خلايا برانشيمية خازنة والمواد المخزونة فى الأساس نشا "Starch" بالإضافة لمادة التانين "Tannin" والتى تظهر بكميات كبيرة فى المرحلة الأولى من نمو النبات ويزداد سمك الخلايا البرانشيمية فى الجذور المسنة الناضجة.

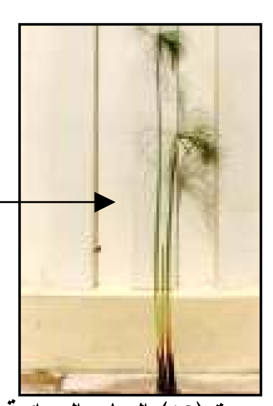
1-2 الساق الأرضية (Rizome) :


صورة (17) ريزوم نبات البردى

الريـــزومه هـــى الجزء السفلى المغمور فى المـــاء، ومعظم ريزومات فصيلة السعديات معمرة مـــثل نبات البردى، وريزومه نبات البردى سميكة بنـــية تمتد أفقياً تحت سطح الأرض وتتفرع فى كل اتجـــاه وتنقسم إلى عقد وسلاميات وتحمل ريزومه نبات البردى براعماً فى عقدها ترسل أفرعاً هوائية خضراء تبرز فوق سطح الأرض أو أفرعاً أخرى أرضية يتكاثر بها نبات البردى.

وتغطـــى الريـــزومه من الخارج بطبقة البشرة المغطاة بالكيوتين ويتبعها إلى الداخـــل قشرة واسعة تحتوى على حزم من النسيج الاسكالرنشميى وتتكون القشرة مـــن نســـيج برنشيمى، والمادة الغذائية المختزنة فى خلايا القشرة عبارة عن النشا بشكل أساسى بجانب مواد تانينية تكون كميتها أكبر فى مراحل النمو الأولى، ويلى القشرة منطقة من الألياف الاسكالرنشمية تتميز بخلاياها الصغيرة المنضغطة.

1-3 الساق الهوائية The Aerial Branches:


صورة (18) الساق الهوائية

وهـــو الجـــزء الظاهـــر فـــوق سطح الأرض والمخصص لحمل النورة وهو العضو الرئيسى الذى يقـــوم بعملـــية البناء الضوئى كما فى بعض أنواع السعد مثل C. Papyrus & C. articulatus، وساق نبات البردى طويلة ممتدة لأعلى بشكل فارع جميل تكون غليظة من أسفل ثم تصغر تدريجياً كلما اتجهنا لأعلـــى النبات، والأفرع الهوائية ذات مقطع ثلاثى يـــتكون مـــن جزئيين قشرة صلبة دقيقة ولب داخلى أبيض اللون خلوى التركيب توجد به فجوات هوائية واســـعة تتخلل الأنسجة الداخلية وساق البردى خالية مـــن أى عقد وهى خاصية جعلت من نبات البردى مادة فريدة وغنية لصنع أوراق كـــتابة غاية فى الإبداع وتحاط الساق الهوائية عند القاعدة بأوراق حرشفية يتراوح عددهـــا من (5-9) وهى غضة. وتكون ساق البردى منتصبة وغير متفرعة ناعمة الملمـــس وتكون خشنة عند الزوايا تحت النورة. والفرع الهوائى تام النضج يتراوح طوله (3-5) متر وحوالى (5-10) سم فى نصف القطر عند المنطقة القاعدية.

بدراســـة التركيــب الداخلى للأفرع وجد أنه يحتوى على حزم وعائية جانبية منتشـــرة فى النسيج الأرضى الذى يتكون من نسيج هوائى به فراغات بنية واسعة، والبشرة مترسب عليها مادة الكيوتين وتليها طبقة تحت بشرية لا تحتوى تقريباً على بلاســتيدات خضـــراء والمقطع العرضى بساق نبات البردى يظهر فى شكل مثلث غــير حـــاد الأركان فى بردى وادى النطرون بينما يكون حاد الأركان فى بردى حديقة الحيوان.

4-1 الورقة The Leaf:

توجد ثلاث أنواع من الأوراق يمكن تميزها فى البردى وهى:



صورة (19) الأوراق الحرشوفية المغطاة لأسفل الساق الهوائية

أ - أوراق بنـــية قاعديـــة ســميكة: تحمى البراعم الصغيرة فى المراحل المبكرة.

ب- أوراق حرشـــوفية: تكــون عـــند نهاية الفرع الهوائـــى وتحمى القطع الفرعية فى المراحل المبكرة.

ج- أوراق خضـــرية: تنشأ عند العقد القميه للقطع الفرعـــية ويختلف عددها من (3-5) والسطح السفلى للورقة له كيوتين سميك وبه العديد من الثغور.

5-1 الزهرة الخيمية (قيفله) The Flower:



صورة (20) الزهرة (القيفلة)

وتتميز بجمال شكلها وتكون فى شكلها النهائى هيـــئة الخـــيمة الزهرية وأطلق عليها بن البيطار (قـــيفله) وهى فى البداية تكون برعماً عندما يكون النـــبات غضاً ثم تتفتح الزهرة عن شعيرات رقيقة يتراوح طولها بين (10-45) سم.

2- نبات بردى وادى النطرون:

وســـجل الـــرحالة V. Minutoli نمـــو نبات البردى فى دمياط وعلى ضفاف بحيرة المنزلة وذلك فى عام 1820 ومنذ ذلك الوقت لم يتم أى تسجيل لوجود نبات الـــبردى وأعتـــبر أن نـــبات البردى اختفى من مصر. وتم زراعة عينات قليلة فى

حدائــق القاهــرة والإســكندرية وكانــت هذه العينات هى البدايات الأولى للبردى المتواجد والمنتشر حالياً فى مصر، وهذه العينات أحضرت من باريس عام 1872.

2-1 إعادة اكتشاف البردى فى وادى النطرون:

قــام الحديدى بدراسة على مجتمعات النباتات فى منخفض النطرون واكتشف فــى يولــيو 1968 وجــود حوالى 20 شجيرة من نبات البردى فى بركة أم ريشه بوادى النطرون بالصحراء الغربية، وكان البردى بين مجموعة من النباتات البرية الأخرى والتى يكثر نموها فى مستنقعات المياه العذبة.

ولقــد كــان إعادة اكتشاف البردى فى وادى النطرون حدثاً هاماً من الناحية العلمــية والتاريخــية حيث اعتبر معظم المهتمين بعلم النبات أن البردى قد اختفى تماماً من مصر.

أدى اكتشاف الحديدى للبردى فى ذلك المكان المعزول من صحراء مصر إلى إثارة الكثير من التكهنات حول مصدره. فى بادئ الأمر اتجه التفكير إلى أن بردى الــنطرون ينــتمى إلى تحت النوع Sub- Species المعروف فى أفريقيا، وأنه من المحــتمل أن تكون بذور النبات قد علقت بريش بعض أنواع الطيور المهاجرة قبل رحــيلها من هذه المناطق إلى مصر ولكن هذا الرأى واجه العديد من الاعتراضات منها:

أ - أن إنبات البردى بواسطة البذور يستلزم ظروفاً خاصة قد يصعب توافرها فى منطقة وادى النطرون.

ب- أثبــت أن الــبردى وجــد فى وادى النطرون فى العصور الوسطى كما ذكر المقريــزى فــى خططه عند وصفه لوادى النطرون قال أن فيه البردى لعمل الحصر.

ج- وكذلك ذكر جروهمان وجود البردى فى وادى النطرون.

د - وأيضاً ذكر الأمير عمر طوسون وجود البردى فى وادى النطرون عام 1935.

ودرس Butzer حالــة البيئة المصرية فى فترة ما قبل الأسرات وبداية الأسرات وافــترض أن نهــر النــيل تحرك فى هيئة شبكة محكمة من الخلج والجزر الصغيرة والمســتنقعات وأحواض غمرت بطمى النيل الموسمى، ومن العناصر المميزة للإنبات فــى تلك المستنقعات من المياه الراكدة كان البردى واللوتس ولكن النمو السكاني تطلب وجود صرف صحى لهم والذى أدى إلى زيادة اختفاء النباتات الاستوائية.

وكذلــك فحص Ball جغرافية مصر قديماً وذكر أن بحيرة موريس (قارون) كانــت تتصل بالنيل شرقاً بقناة طولها 15 كم، وكذلك تتصل شمالاً بالبحيرات التى

تمد وادى النطرون بقناة ظلت باقية حتى وصول حملة نابليون بونابرت، ولكن هذه القناة ردمت بعد ذلك التاريخ بتأثير الرمال التى تحملها الرياح من الصحارى المحيطة بهذه المنطقة وسميت بحر بلا ماء.

وذكر عمر طوسون عند دراسته لتغيرات النيل وفروعه فى الدلتا قديماً اختفاء بعض الفروع واندثارها تدريجياً، ويؤكد ذلك ما ظهر فى إحدى خرائط الجغرافى الفرنسى Vaugondy وذكر فيها الفيوم ووادى النطرون وبعض المستنقعات التى جفت، وأن البقايا الأخيرة منها فى دمياط وبحيرة المنزلة وربما يكون دليل على وجود تلك المستنقعات قديماً والتى جفت نهائياً بعد بناء سد الدلتا عام 1820.

ونستنتج من ذلك أن بردى النطرون لم يكن إلا بقايا من مخلفات البردى الذى كان ينمو بكثرة قديماً فى مستنقعات منطقة وادى النيل بمصر، وأكد ذلك الحديدى وذكر أن الاختفاء الداخلى للبردى من مصر وانحصاره فى بعض قنوات دلتا النيل يرجع إلى تغير الظروف والتى أصبحت غير ملائمة لنمو البردى طبيعياً وأيضاً أدى نظام الرى الدائم إلى استبدال رى الأحواض الذى عرف فى مصر منذ آلاف السنين وأيضاً تشييد السدود والقناطر وتطوير نظام الرى الدائم والصرف أدى إلى الانكماش التدريجي للبرك والمستنقعات المختلفة التى وجدت بطول نهر النيل قديماً وهذه البرك والمستنقعات كانت البيئات الطبيعية الملائمة لنمو البردى فى مصر القديمة. ووجود البردى فى وادى النطرون ربما هو بقاياً من تلك المستنقعات التى جفت قديماً. واكتشاف البردى فى وادى النطرون ربما يوضح الامتداد الشمالى للتوزيع الجغرافى الحديث خاصة فى شمال صقلية وفلسطين.

2–2 نقل بردى النطرون إلى جزيرة يعقوب بالجيزة:

وقام رجب بنقل ريزومات بردى النطرون وزراعتها بجزيرة يعقوب فى النيل بالجيزة ولوحظ أن النبات ينمو إلى أطوال تزيد على ضعف طوله فى موطنه الأصلى حيث يصل طوله إلى (4م)، والسبب فى ذلك يرجع إلى خصوبة تربة المناقع التى يزرع بها، كما أن النبات يتمتع بالوقاية والمحافظة عليه فى مراحل نموه المختلفة، ونجح رجب أيضاً فى تصنيع أوراق منه، ووجد العديد من الاختلافات الفسيولوجية والتصنيفية بين بردى النطرون وكلاً من بردى الجيزة وبردى السودان (بردى السودان يشبه إلى حد كبير بردى الجيزة) المستزرع فى القرية الفرعونية، وكما سبق القول فبردى الجيزة من سلالات وافدة على مصر فى نهاية القرن 19 من حديقة النباتات بفرنسا والتى استوردت قبل ذلك من مدينة سيراكوزا بجزيرة صقلية فى إيطاليا. وأم ما يميز نبات بردى وادى النطرون

انســـيابية أفـــرعه الهوائية العملاقة التى لا تحمل أوراق وتكون مثلثة إلى مستطيلة مســـتدقة الطرفيـــن فـــى المقطـــع، ويتميز بالنورات التى تشبه المكنسة، والقنابات الرمحـــية الشكل ذات اللون الأرجوانى إلى البنى، وكذلك يتميز بوجود الأشعة ذات الطول المتقارب وعدد القنيبات غالباً 3 وتكون ضيقة وطويلة.

3-2 مقارنة بين بردى النطرون وبردى الجيزة:

وفـــيما يلـــى جدول رقم (2) قام به الباحث يوضح فيه الاختلافات بين بردى وادى النطرون وبردى الجيزة.

جدول رقم (2)

مقارنة بين بردى الجيزة وبردى النطرون

وجه المقارنة	نبات بردى الجيزة	نبات بردى وادى النطرون
1- معدل إنبات البذور	معـــدل إنـــبات بردى الجيزة نسبته منخفضة جداً حوالى 1 % أو أقل من ذلك. أقصـــى معـــدل إنبات لبذور بردى الجيزة حوالى أسبوع.	معـــدل إنـــبات بـــردى وادى الـــنطرون 30: 40%، وهو معدل مشابه لأنواع السيبرس الأخرى. أقصـــى معـــدل إنبات لبذور بردى النطرون 3 : 4 أيام.
2- الشكل الثلاثى للساق فـــى القطاعات العرضية [صورة رقم 13]	له شكل مثلثى ذو زاويا حادة واضحة.	الحـــواف أقل استدارة ويمكن القول أنها دائرية.
3- الزهرة الخيمية [صورة رقم 14]	فـــى نهايـــة كل شعاع يوجد عدد من القنيبات يتراوح بين 2 : 4 بمتوسط 3 قنيبات أقل فى الكثافة وأكثر طولاً شـــكلها مرتخـــية ومنحنـــية لأسفل	فى نهاية كل شعاع يوجد عدد مـــن القنيبات يتراوح بين 3 : 5 بمتوسط 4 قنيبات كثيفة وأقل طولاً مشـــدودة صـــلبة تأخذ شكل الفرشاة الكبيرة
4- القشرة	ســـميكة وأقـــل التصـــاقاً بالأنسجة البرنشيمية.	أرق وأكـــثر التصاقاً بالأنسجة البرنشيمية الموجودة أسفلها
5- النخاع	صـــلب قوى متماسك يمكن تقطيعه بسهولة.	أســـفنجى بـــه فراغات هوائية أكثر مما جعل استخدام الماكينة فى عملية التشريح أصعب.

مـــن المقارنـــة السابقة يتضح لنا أن بردى وادى النطرون يشبه إلى حداً كبير نفـــس الـــبردى الـــذى وصـــفه بروس. وهذا يؤكد وجهة النظر بأن بردى وادى

النطرون هو بقايا النباتات التى سادت برك ومستنقعات النيل فى الحاضر. كما ذكر رجـــب أيضـــاً أن الاختلافات المورفولوجية الواضحة لنبات بردى وادى النطرون عن باقى الأصناف لأنه يرجع للبردى المصرى والذى يعود أصله لبردى النوبة أو بـــردى الســـودان. ولهذا يمكن القول أن نبات بردى وادى النطرون هو المستخدم قديماً لتصنيع أوراق البردى.



صورة (21) قطاع فى ساق:
أ- بردى الجيزة (مثلثى الشكل، حاد الحواف)
ب- بردى النطرون (أقل استدارة، غير حاد الحواف)
ج- بردى السودان (يشبه نصف الدائرة)



صورة (22) زهرة
أ - بردى الجيزة (أطول وأقل كثافة)
ب- بردى النطرون (أقل طولاً، كثيفة، مشدودة، صلبة تأخذ شكل الفرشاة)
ج- بردى السودان (أقل طولاً وكثافة)

3- نبات بردى صقلية (سيراكوزا)

3-1 تاريخ وأصول البردى فى صقلية (Sicilia)

وأجريت دراسة تهدف إلى أن:

- أن البردى كان منتشراً فى مساحات كثيرة فى صقلية ثم اختفى لأسباب كثيرة أهمها أعمال الاستصلاح.
- إلقاء الضوء على أصول Cyprus Papyrus الصقلى وبشكل خاص الكائن فى نهـر تشـانى Ciane بسيراكوزا والذى يمكن اعتباره المصدر الوحيد الباقى للبردى والذى كان منتشراً بشكل واسع فى صقلية.
- مناقشـة الـنظريات الـتى تميل لرد أصل البردى إلى أرض صقلية نفسها، والـنظريات الأخـرى التى تميل إلى اعتباره نبات أدخل أثناء الحكم العربي خلال القرن الثالث قبل الميلاد.

3-2 البردى فى صقلية:

لو استبعدنا الأماكن التى يتم فيها زراعة البردى لأغراض الزينة نجد البردى ينمو فى منطقتين بصقلية هما:

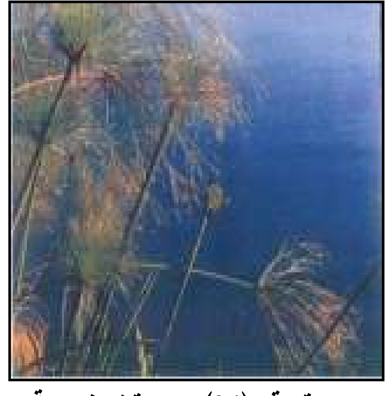
الأولـى: على طول نهر تشانى Caine على بعد بضعة كيلومترات من سيراكوزا، ويمثل أكثر مستعمرات البردى امتداداً فى أوروبا.

الثانـية: ينمو طبيعياً فى ضواحى "فيومى فريدو Fiume Freddo" بأقليم كاتانيا فى صقلية.

وقـد بـدء فى الاهتمام ببردى صقلية عندما استخدم لصناعة الورق، ولاسيما عندما بدأت البرديات المصرية تندر فى إيطاليا.



صورة رقم (23)
زهرة بردى قديمة ومجففة - لبردى سيراكوزا



صورة رقم (24) صورة توضيحية
للساق الهوائية لبردى نهر تشانى- إيطاليا

3-3 أصل البردى فى صقلية:

دار جدل طويل حول أصل البردى الصقلى، وخاصة بردى نهر تشانى والذى يمكن اعتباره الشاهد الوحيد لإثبات وجود نبات البردى فى الإقليم.

وحـول أصـل الـبردى فى صقلية توجد سلسلة من التساؤلات: هل البردى متأصل فى الإقليم، أم تم إدخاله؟ وفى أى عصر؟ ولمن ينسب إدخاله؟

وتناولـت كثير من الدراسات البردى فى صقلية لإلقاء الضوء على الأصول المجهولـة للـبردى هناك، ومن أبرز وأكثر النظريات شيوعاً ترى أن العرب هم الذيـن أدخلـوا البردى إلى صقلية فى حوالى القرن العاشر الميلادى، وأول إشارة مباشـرة عـن وجود البردى فى صقلية تعود إلى 972م : 973م، على حين يرى آخرون أن ذلك حدث فى القرن السابع.

ويذكـر أن عرب سوريا أدخلوا البردى خلال عام 652م حيث قاموا فى ذلك العام بغزو جزيرة صقلية، ولكن يذكر البعض فى هذا الخصوص أنه لو فرضنا أن إدخـال الـبردى لصقلية تم عن طريق العرب فلا يمكن أن يكون هذا قد حدث قبل عـام 830م حيـن اسـتقر المقام بالعرب المسلمين فى صقلية، وفى هذا الوقت لم يخـتفى النـبات مـن مصر واستمر ينمو فى بعض الأماكن كما تشهد بذلك آراء الكُـتاب العـرب ما بين القرنين 10-13م، وكذلك فى كتابات الرحالة والدارسين حـتى النصـف الأول من القرن 19، وآخر هذه الشواهد تخص البارونة مينوتولى Minotuli (1820-1821) والـتى شاهدت النبات فى دمياط وعلى شواطئ بحيرة المنزلة. ويرجع كثير من الكتاب إدخال البردى لصقلية من مصر إلى القرن الثالث قـبل الميلاد ونذكر منهم سميث Smith والذى يرى أن بطلميوس الثانى قد أرسل البردى إلى Figuier & Herone.

وتشترك الشواهد التاريخية والأدبية والأثرية فى إثبات علاقات تجارية وثقافية وسياسـية بين مصر وسيراكوزا خلال القرن 3 ق.م، وفى مثل هذه التبادلات ليس مـن المستبعد أن بطلميوس الثانى قد أرسل – كما يؤكد كثير من الكُتاب – نباتات الـبردى ذات الأهمـية المميـزة والتى جعلت منها رمزاً لمصر السفلى إلى حليفه حيرون الثانى Herone II..

وبالنسـبة لـبردى سـيراكوزا فينسب إدخال البردى فيها إلى المصريين فى العصـور الوسـطى حيث كانت العائلات المصرية التى تعيش فى المدينة الواقعة قرب بحيرة بلوزيوم قد هاجرت وجاءت إلى سيراكوزا خشية الغزو التركى حاملة معهـا نـبات البردى وقصب السكر، وقاموا بزراعتها فى الأراضى التى حصلوا

عليها على ضفاف نهري أنابو Anapo وتشانى، وكانت هذه النباتات تنمو هناك بكثرة تكفى لتغذية صناعة الورق مثلها مثل صناعة السكر.

وكما يحدث بشكل عام مع أى منتج يتم تصديره لمنطقة لا يوجد فيها، ويفتقد هذا المنتج لاسم محلى، يستمر إطلاق الاسم الأصلى لهذا المنتج، والذى يخضع مع مرور الزمن إلى تحريف لغوى بشكل لا يمكن تجاهله.

والمرادف الصقلى للبردى هو بابيرو، واسم المستنقع الذى ينمو فيه Pipiritu ويكتب باسكوالينو Pasqualino عام 1970 أن كلمة Papiru تطلق على النبات الذى ينمو فى النيل وفى بحيراتنا، وهذا مصطلح لا يزال مستخدماً فى لهجة بالرمو المحلية.

ولفظة Pipero أكثر المسميات المحلية شيوعاً واستخداماً فى بالرمو. ومن أشهر المسميات المحلية السيراكوزيه للبردى Pappera, Pampera.

وإذا توقفنا عند الاسمين السابقين سنلاحظ تناغم لا يمكن أن يكون محض صدفة بين اللفظيتين والجملتين المصريتين التى ترجع للعصر المتأخر(با– بر– عا) و(با– إن– بر–عا).

ولذلك يرجع الكتاب دخول البردى لصقلية إلى مصر، فى عهد حيرون Herone وأنه قد غرس فى مستنقعات سيراكوزا واستمر السكان فى تسميته بنفس اسمه الأصلى مع وجود بعد التغييرات فى الاسم.

وفيما يخص صناعة البردى فى صقلية فلا يوجد دليل على صناعة ورق البردى فى صقلية قبل القرن العاشر، ولذلك يمكن الاعتقاد أن صناعة ورق البردى فى صقلية قد حدثت أثناء الهيمنة "العربية" وبتقنيات عربية كانت وقتها مطبقة فى مصر وفى الشرق الأدنى، ويؤيد ذلك أن العرب قد أسسوا مصنعاً لورق البردى فى سامراء على ضفاف نهر دجلة عام 836م.

أما النظرية الأخرى حول بردى صقلية أن البردى موطنه الأصلى صقلية اعتماداً على الشواهد التالية:

- الإشارة التى وجدت فى أحد خطابات "جريجورى الأكبر" الذى كتب عام 599م إلى القائم على إحلال كنيسة روما فى صقلية حول تقسيم بعض المعطيات، فهناك إشارة فى تلك الوثيقة إلى "كتلة البردى Mass Papyria Unesis" الواقعة فى صقلية أو بما يعنى مجموعة من الأغوار تنمو بها نباتات البردى، ويترتب على ذلك أن البردى كان موجوداً فى صقلية بنهاية القرن السادس.

- الشاهد التالى على ذلك ظهر بعدها بحوالى أربعة قرون، فيكتب الرحالة التاجر "بن حوقل" والذى أقام فى بالرمو ما بين عامى (972–973) فى كتابه المسالك 977م، يكتب أن القصب الفارسى ينمو فى البرك وأراضى المستنقعات التى تحف بالأنهار فى بالرمو والتى كانت تصب فى البحر، وفى أحد المنخفضات ينمو بوفرة نبات "البربر– البردى" وهو النبات التى تصنع منه قراطيس البردى، وقد استخدم هذا النبات فى بالرمو لصناعة أحبال السفن وأوراق السلطان، ويعبر الرحالة العربى عن دهشته من نمو البردى المصرى فى صقلية ويقول "إن بردى مصر لا شبيه له على وجه الأرض سوى بردى صقلية".
- كما ذكر البردى فى بعض الوثائق من القرن الثانى عشر وبشكل خاص مزرعة البردى، ويذكر المؤرخ فالكندو Falcando أن كثيراً من العرب – بعد أسر الملك وليم – قد تركوا بيوتهم الموجودة فيما وراء مزرعة البردى، ويذكر كيوفندا Chiovenda أن العرب قد وجدوا البردى بالفعل عند دخولهم صقلية والذى يستخدمه السكان المحليون فى صناعة أحبال المراكب والورق.

وبصفة عامة فقد دار جدلاً طويلاً بين الباحثين وعلماء النبات إذا ما كان بردى صقلية محلى أصلى أم تم إدخاله، والخلاصة كما سبق الذكر يميل الجانب الأكبر من الكتاب إلى دخول البردى المصرى لصقلية، ولا يستبعد احتمال أن البردى كان موجوداً فى بعض الأماكن فى صقلية فى فترة زمنية سابقة على ذلك.

والجدير بالذكر هنا عند مناقشة بردى صقلية أن نشير إلى لفظة البوص والتى استخدمها بعض الكتاب غير المتخصصين فى علوم النبات، واعتبروا نبات البردى أحد نباتات المستنقعات العامة. والدليل على ذلك أن بردى نهر تشانى حتى بعد أن تم تمييزه بأنه Cyprus Papyrus أشير إليه بكلمة عشب أو نبات مائى أو نوع من القصب. ولعل كلمة بوص استخدمت للإشارة للبردى مثل ما يعطى معنى غابات من البوص، وبنفس الطريقة يستخدم بعض الكتاب كلمتى Papyrus, Juncus الواحدة مكان الأخرى فى الكتابة، وقد ذكر سيمون داجينو أنه رأى نبات البردى فى إحدى المخطوطات العربية ممثلة على أنه Juncum Palustrem.

وما سبق صورة عامة للبردى فى صقلية، كما أن دراسة الوثائق المتاحة يسمح باستخراج بعض الاستنتاجات التى يمكن تعميقها عن طريق إجراء دراسات إضافية، يمكن أن تؤدى لإعادة النظر فى بعض النظريات.

وجديـــر بالذكر هنا أن معهد البردى بسيراكوزا يجرى حالياً مشروع دراسة يتمثل فى تحديد حبوب اللقاح لنبات البردى Cyprus Papyrus فى السهول الرسوبية المتكونة عن المستنقعات السيراكوزية القديمة.

وقـــد أجريـــت دراسة بالفعل فى فلسطين سمحت عن طريق التآريخ بالراديو كربون تحديد أن نبات فصيلة السعد Cypracea قد تسيدت بحيرة هولا Hula حيث يوجد نبات البردى من حوالى 5000 سنة وقد حملت تلك النتيجة على عدم استبعاد احـــتمال أن البردى قد تم حمله وغرسه فى بحيرة هولا عن طريق المصريين فى الألـــف الثالـــثة ق.م، وبـــالفعل كـــان للمصريين وجود فى مستعمرات مختلفة فى فلســـطين حوالـــى 2800–3000 ق.م ومن المحتمل وجود مستعمرات أخرى فى الجليل Galila فى نفس الفترة.

رابعا: التركيب الكيمائي للبردى :

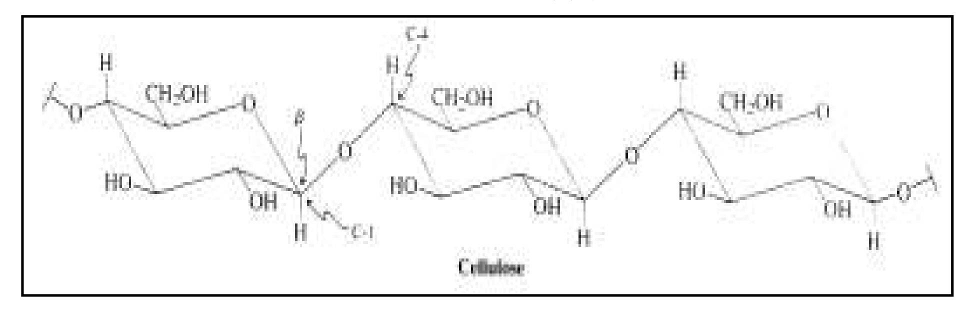
يتركـــب نـــبات الـــبردى بصفة أساسية من السيليلوز والهميسيليوز واللجنين، ويعتـــبر السيليلوز المكون الأساسى لجدران الخلايا النباتية الراقية، أما الهيمسيليوز فيقوم بدور المادة المالئة. فى حين يعتبر اللجنين المادة الرابطة الرئيسية التى تجمع الخلايا مع بعضها والتى تعطيه قوة تماسكه وصلابته، واللجنين والسيليلوز يكونان معـــاً مـــا يسمى باللجنوسيليلوز، ويوجد بالإضافة إلى المكونات العضوية الأساسية نســـبة صـــغيرة من المواد غير العضوية مثل الكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم، والـــتى تـــتفاوت فـــى نسب تواجدها ويكون لها تأثير مباشر على بعض الخواص الطبيعـــية والميكانيكـــية، ويكـــون لهـــا دوراً كبير فى درجة ومدى التلف وتأثرها بالعوامل المختلفة التى تتعرض لها، وتختلف نسب تلك المركبات على حسب مكان تواجدهـــا فى الخلية. وفيما يلى دراسة المركبات الأساسية التى تدخل فى التركيب الكيميائى للبردى وهى:

1– السيليلوز: Cellulose

يعتـــبر الســـيليلوز المكون الأساسى لجدران الخلايا النباتية الراقية، وهو من أكـــثر المواد العضوية تواجداً فى المملكة النباتية، ويحتوى السيليلوز على أكثر من 50% مـــن وزنه على عنصر الكربون. ويتكون السيليلوز من سلاسل تحتوى على أعداد كبيرة من وحدات تعرف بالجلوكوز $C_6H_{12}O_6$، والتى تعتبر من السكريات البســـيطة Monosaccharide المـــتكونة مـــن ثانى أكسيد الكربون خلال عمليات

التمثيل الضوئى وترتبط جزيئات الجلوكوز بعضها ببعض مكونة سلاسل طويلة تتصل وحداتها بروابط كيمائية.

شكل رقم (1) التركيب البنائى للسيليلوز



وتكون عملية ارتباط جزيئين من الجلوكوز مصحوبة بفقد جزئ واحد من الماء (H_2O) وتسمى العملية المتكررة لوحدات مبلمرات الجلوكوز بالبلمرة Polymerization والسيليلوز عبارة عن بوليمر خيطى مكون من وحدات D-anhyroglucopyranose الجلوكوز اللامائى مرتبطة مع بعضها بواسطة الرابطة الجلوكوزيدية بيتا 1–4 Glycosidic Bonds، 1–4 β 1-4 وتركيبه $(C_6H_{10}O_5)n$ حيث أن (n) هى درجة البلمرة، وهى تمثل عدد الوحدات المكونة للجزئ السيليلوزى للخشب وتتراوح بين 800 : 10000 كما هو موضح فى شكل (1).

ومن أهم خواص السيليلوز ما يلى:

أ – لا يذوب فى الماء البارد أو الساخن ولا فى المذيبات العضوية نظراً لتركيبه الليفى وروابطه الهيدروجينية.

ب– لا يذوب فى القلويات أو الأحماض الضعيفة ولكنه يذوب فى الأحماض والقلويات ذات التركيز العالى ويتحول إلى مادة جيلاتينية. أى يتحلل إلى الجلوكوز بواسطة حمض الكبريتيك المركز 72 : 75% تحت ضغط.

$$(C6H10O5)n + n\ H2O \xrightarrow[\text{by acids}]{\text{Hydrolysis}} n(C6H12O6) \text{ جلوكوز}$$

ج– يذوب فى محلول 44% من حمض الهيدروكلوريك وفى محلول 85% من حمض الفوسفوريك عند درجة حرارة عالية.

د – يفقد السيليلوز متانته وقوته ويتفحم عند درجة أعلى من 0150م.

2– الهيمي سيليولوز: Hemicellulose

هــو المركب الثانى بعد السيليلوز فى جدر الخلايا حيث يتراوح بين 25–40% والهيمـــي سيليولوز مادة غير سيليولوزية عديدة التسكر Polysoccharide، ويتكون الهيمـــي ســيليولوز مــن الســكريات الخماسية الكربون المعروفة باسم البنتوزونات Pentoses مثل الزايلوز Xylose والأرابينوز Arabinose.

كما يشمل السكريات السداسية الكربون المعروفة باسم الهكسوزان Hexoses مــثل الجلوكــوز Glucose والجالاكتوز Galactose والمانوز Mannose، كذلك أحمـــاض مثل حمض الجلوكورونيك Glucuronic والجلكتورونيك Galactornic وهذه الأحماض من مشتقات حمض اليورونيك Uronic Acid.

والهيمـــي ســيليولوز يشـــبه السيليلوز فى التركيب من الناحية الكيميائية فهو يتركـــب من المواد الكربوهيدراتية القابلة للذوبان فى القلويات، ويتكون من سلسلة روابـــط كمـــا فـــى السيليلوز ولكن درجة بلمرته أقل من السيليلوز، حيث يتركب الجـــزئ مـــن 200 وحدة فقط، ويعمل الهيمي سيليولوز على ربط ألياف السيليلوز بعضها ببعض بجانب اللجنين.

ومن أهم خواص الهيمي سيليولوز:

أ – أنه يتحلل مائياً بالأحماض المخففة الدافئة معطياً سكرياته المختلفة.

	Hydrolysis			
Hemicellulose	⟶	Pentose +	Hexose +	Glucose
By dilute acid		Xylose	Glucose	Galactose
		Arabinose	Mannose	

ب– ويذوب الهيمي سيليولوز فى المحاليل القلوية المخففة.

ج– وتذوب سلاسله القصيرة فى الماء.

د – يتحلل بفعل إنزيم السايتز Cytase إلى الجلوكوز والسكريات الأخرى والأحماض.

3– اللجنين: Lignin

واللجنيـــن هـــو المـــادة الرابطة أو المقوية فى جدر الخلايا، وهو عبارة عن بولـــيمر مـــتفرع Branched Polymer ثلاثـــى الأبعاد مكون من ثلاث أنواع من وحـــدات Phenyl Propane وهـــى وحدات غير بللورية تعمل كمادة تغليظ تحيط بحزم الميكروفيرالات حيث يترسب اللجنين فى الفراغات بين المواد عديدة التسكر

المكونـــة، وتتكـــثف هذه المونومرات عن طريق Free radical Polymerization لتكويـــن البيوبولـــيمر الحلقـــى غـــير المـــتجانس Heterogeneous Aromatic Biopolymer بعكـــس الســـيليلوز الـــذى يعتبر بوليمراً خيطاً. ويدخل فى تركيب اللجنين ثلاثة أنواع من وحدات الـــ Phenyl Propanc.

CH_2-OH CH-OH CH-OH (benzene ring) OH	CH_2-OH CH-OH CH-OH (benzene ring)-OCH_3 OH	CH_2-OH CH-OH CH-OH H_3CO-(benzene ring)-OCH_3 OH
P.coumaryl Alcohol	Coniferyl Alcohol	Sinapyl Alcohol

وتتـــتمى هذه الكحولات الثلاث أساساً إلى P-Hydroxycinnamyl alcohols والاخـــتلاف بيـــن هذه المونومرات Monomers يكون فى التركيب الكيميائى من حيـــث وجود أو عدم وجود مجموعات ($-OCH_3$)، الميثوكسي فى الموقعين الثالث والخـــامس فـــى الحلقات الأروماتية Aromatic Rings وبتكرار عمليات (DHP) Dehydrogenation Polymers لهذه الكحولات يتبلمر اللجنين ليكون مركباً جزئياً غـــير منتظم فى تركيبه البنائى. كما يحتوى اللجنين على نسبة عالية من المركبات الكربونية ويتكون من عدد من المجموعات منها Phenolic Hydroxyl Methoxyl لمجموعة الكربونيل.

وترتبط جزئيات اللجنين مع جزئيات السيليلوز بثلاثة أنواع من الروابط:

أ – الرابطـــة الإيثريـــة Ether Linkage: وتتكـــون بنزع المـــاء من مجموعتى أيدروكسيل (OH) أحدهما من السيليلوز والأخرى من اللجنين.

ب– الـــرابطة الفينول–إثير Phenol Ether Linkage: وتتكون هذه الرابطة بنزع المـــاء مـــن مجموعـــتى أيدروكسيل أحدهما كحولية من السيليلوز والأخرى فينولية من اللجنين.

ج– رابطـــة الاســـيتال والهماســـيتال Acetal & Hemiacetal Linkage: وتتكون بالإضـــافة ثم بنزع الماء وذلك بين مجموعة كربونيل من اللجنين ومجموعة كحولية من السيليلوز.

ويــؤدى اللجنيــن دوراً هامــاً فــى صــلابة وتماسك الألياف لأنه مادة غير هيجروسكوبية فهو لا يذوب فى الماء، وحساس للتلف بالقلويات، كما أنه يذوب فى بعــض المذيــبات مثل الفورماميد والبيريدين وثنائى كلوريد الإيثلين وثنائى ميثيل الفورماميد.

ومن عيوب اللجنين أنه يتأكسد ببطء ذاتياً وبسرعة فى وجود الضوء متكسراً لــيعطى أحماضــاً آروماتــية (حلقية) مثل حمض البنزويك وغيره من الأحماض العضوية مما يؤدى إلى ظهور أعراض الحموضة.

4- تحليل التركيب الكيميائى لنبات البردى:

وقــام بعض العلماء بدراسة التركيب الكيميائى للبردى وخاصة تركيب الجذر فعلــى سبيل المثال نشر (Mc Claure) عن وجود ما يأتى فى هذا الجزء Caffic, P.Coumaric, sinapic acid and quercetin. ومــن أهم الدراسات التى أجريت على التركيب الكيميائى للبردى تلك الدراسة التى قام بها كل من (El-Hamidi and El-Gengaihi) حيــث تم إجراء التحليل على عصارة الساق التى تم تجهيزها فى معهــد رجــب للــبردى أثناء عمليات تصنيع البردى، وقد أظهر الفصل الكيمائى لمكونات العصارة عن وجود المركبات الآتية:

(Sterols, Triterpenes, Alkaloids, Tannins, Carbohydrates, Glycosides and Cardenolides).

كما أظهر الفصل الكيمائى وجود السكريات الآتية فى عصارة النبات

(Xylose, Ribose, Sucrose, Glucose and Fructose as a free sugar)

وذكر Votocekعن وجود فركتوز (D-Fructose) وجلوكوز (D-Glucose) فى مستخرج الماء الساخن للنسيج البرنشيمى (Parenchymatous tissue) للبردى من إيطاليا، وكذلك زيلوز (D-Xylose) وكميات صغيرة من Glucosan.

وتمــت دراسة لتركيب لحاء ولبّ البردى، بدراسة ميكروسكوبية لنبات البردى وجد أن النبات يتكون من ألياف وخلايا اسكلرانشيمية Sclerenchyma Cell وخلال برنشيمية Parenchyma Cells وأوعية Vessels، وخلايا البشرة Epidermal Cells، ووجــد أن الألــياف دقيقة إلى حد ما وقصيرة وتتراوح بين 0.5 : 3.0 مليمتر طولاً (أى بمعدل 1.7 مم). وتتراوح بين 0.008 : 0.025 مم عرضاً (أى بمعدل 0.012 مــم)، وأطــراف الألــياف مســتدقة الرأس، ويمكن نزع لبّ البردى بطريقة قلوية

باستخدام هيدروكسيد الصوديوم تحت ضغط أو بدون ضغط أو عن طريق وضعه على جير أو كالسيوم أو نزع اللب ميكانيكياً أو باستخدام ثانى أكسيد الكبريت.

كما أعطت الدراسة وصفاً فيزيائياً لأبعاد الليفة فى نبات البردى كالتالى:

- اللحاء: طول الألياف من 0.29 – 0.7 (متوسط 0.5 مم)
  السمك 0.005 : 0.01 مم (متوسط 0.007 مم)
- اللبّ: الطول فيما بين 0.1 إلى 1 مم (متوسط 0.45 مم)
  العرض فيما بين 0.005 إلى 0.008 مم (متوسط 0.006 مم)

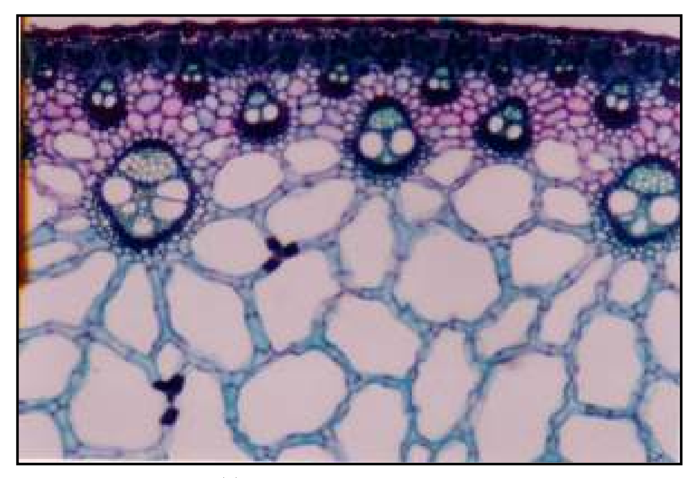
وأشارت الدراسة أيضاً إلى وجود مجموعة من السكريات مثل الجلوكوز والزايلوز والأرابينوز، وأن نسبة الرماد فى لحاء ولب البردى تتراوح من 2.75% إلى 5.35%. ونسبة الألفا سيليلوز تتراوح من 39.40% إلى 40.60%. ونسبة الهيميسيليلوز تتراوح بين 20.70% إلى 24.90%.

4-1 دراسة التركيب التشريحى للبردى:

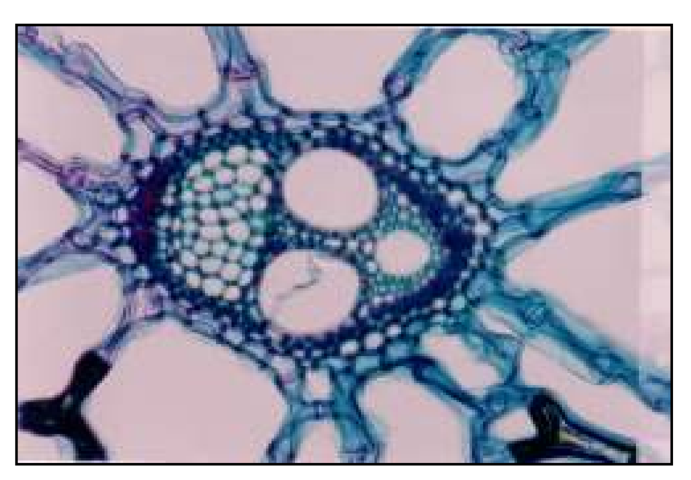
تم تجهيز قطاعات رقيقة طولية وعرضية بسمك يتراوح 30 : 50 ميكرون، وتصبغ صبغة مزدوجة بصبغة السفرانين والأخضر الضوئى، ويعقب عملية الصباغة التخلص من المياه من خلال خليط من الكحول والزيلول كما يتم إحداث الشفافية للقطاعات بغمرها فى زيت القرنفل وتحفظ فى مادة كندابلزم. وفيما يلى الصفات المميزة للألياف والنسيج الأساسى للبردى:

- مجموعة ألياف تحت البشرة: دائرية الشكل.
- غلاف الحزم الوعائية: يحيط بالحزمة الوعائية غلافاً سميكاً خاصة أعلى وأسفل الحزمة.
- سمك خلايا الألياف: 1/2 التجويف الوسطى للخلية.
- النسيج الأساسي: يتكون من برنشيمة هوائية شريطية الشكل ذات تجاويف كبيرة.

ويلاحظ أن الصفات التشريحية المميزة للبردى أن الغلاف الحزمى يتكون من عدد قليل من خلايا الألياف ذات جدر سمكية، كما يتكون النسيج الأساسى من برانشيمة هوائية ذات فراغات متسعة.



صورة (25) قطاع عرضى فى نبات البردى (X50)(*) يظهر فيها النسيج الأساسى الذى يتكون من برنشيمة هوائية شريطية الشكل تفصل بينها فجوات هوائية واسعة



صورة (26) قطاع عرضى فى نبات البردى (X125)
موضحاً حزمة وعائية محاطة ببرنشيمة هوائية ذات فراغات متسعة

2-4 اختبار نسبة اللجنين فى أجزاء مختلفة من ساق نبات البردى:

باختبار نسبة اللجنين فى أجزاء مختلفة من ساق نبات البردى كانت النتائج كالتالى:

* تم تجهيز هذه القطاعات بواسطة المؤلف، وتم تصويرها فى معمل كلية العلوم، جامعة عين شمس.

جدول (3) نسبة اللجنين فى أجزاء مختلفة من ساق البردى

Lignin for Pith of Papyrus

	الجزء الأسفل	الجزء الأوسط	الجزء الأعلى
اختبار اللجنين	17.07%	16.1%	16.02%

ويتضح من الجدول أن نسبة اللجنين ترتفع فى أسفل الساق وتقل نسبته كلما اتجهنا إلى أعلى الساق. ونسب اللجنين التى توصل إليها الباحث (16.1−17.7) متوافقة تقريباً مع النتائج التى إليها Wise & El-Taraboulsi (16.2−19.69).

خامسا: استخدامات البردى :

أستخدم البردى لأغراض عديدة سرد بعضها كل من هيردوت وثيوفراتس وبلينى إلا إن قيمته الأساسية كانت لصنع صحائف للكتابة كانت الأصل الأول للورق الحديث، حيث ظلت مصر المصدر الوحيد للبردى فى العالم القديم وكانت لفائف البردى فى مقدمه السلع التى تشملها الصادرات المصرية.

أهم استخدامات البردى:

1− استخدامه كطعام:

كان المصرى القديم يتناول الجزء الأسفل من الساق نظراً لنضارته وشكله الغض الطرى وكان هذا الجزء غذاءً شعبياً ذا طعم مقبول بسبب احتوائه على قليل من المواد السكرية وكان يؤكل إما طازجا أو مشويا أو مطبوخا وكانت الطبقات الفقيرة تأكل شحمته النشوية وتمص نمواته الحديثة التى كانت تستخدم أيضاً علفاً شهياً للماشية.

ويذكر هيردوت أن المصريين كانوا يقتلعون نبات البردى من المستنقعات ويقطعون الجزء الأعلى منه، والجزء الأسفل الذى يتبقى وطوله ذراع يأكلونه أو يبيعونه وكان المولوعون به يأكلونه بعد طبخه فى فرن محمىوفى بعض الأحيان يكتفون بمص الأجزاء السفلية السميكة من سيقان النبات وريزوماته، ويوجد منظران يوضحان استخدام نبات البردى كطعام للفقراء.

المنظر الأول:

فى مقبرة "جاو" بدير الجبراوى من الدولة القديمة، ويمثل خمسة أشخاص من الفقراء، ثلاث نساء، تمسك كل منهن كيسا، ورجلان يحمل كل منهما كيسا على

ظهـره وهـم يخترقون جميعا مستنقعا لأحد أحراش البردى، حيث يقومون بجمع أزهار اللوتس، وفى نفس الوقت تساعد النسوة الثلاث وهن يسحبن خلفهن فى الماء سـيقان الـبردى السـميكة المكتملة النمو بعد أن قطعن أطرافها العلوية، والتى لا تفيدهن فى شئ وذلك للاستفادة بأجزائها السفلية المكتنزة فى طعامهن.

أما المنظر الثانى:

فقـد تبقى بمقبره "حويا" بتل العمارنه (النصف الثانى من الأسرة 18) ويمثل أشخاصـا ينتقون بعضا من سيقان البردى من أجل طعامهم. ويذكر أنه فى بعض الأحيان أستخدم كمادة مضغ مثل اللبان، وقد تهكم بعض المؤرخين على المصريين بتسميتهم (أكلة البردى) إلا إن الأثرياء كانوا لا يأكلونها إلا بعد شيها.

2- استخدامه فى العديد من الصناعات من أهمها:

أ - استخدام سيقان البردى فى صناعة القوارب:

تعتـبر صـناعة القوارب من نبات البردى من أهم الصناعات لدى المصرى القديـم بعـد صـناعة ورق الكتابة حيث أن نهر النيل يجرى من أقصى الجنوب لأقصى الشمال وكان هو طريق المواصلات الرئيسى بين مختلف البلاد، كما كانت زوارق البردى من أحب الأشياء للعظماء وهواة الصيد وذلك لاستخدامها فى صيد الأسـماك والطـيور التى تزخر بها المستنقعات والأحراش الكثيفة أو عمل قوارب خفيفة لمطاردة التماسيح وأفراس النهر.



صورة (27) قارب من البردى(سيراكوزا)



صورة رقم (28) قارب من البردى

ب- صناعة الصناديق والسلال:

حيـث وجدت سلة من البردى فى مقبرة توت عنخ أمون تحوى أدوات الكتابة الخاصـة بـالملك (صورة 7) وذكر فى سفر الخروج (الإنجيل أو العهد القديم) أن (يوكـابد) أم موسى عليه السلام وضعت وليدها فى صندوق من البردى وألقت به

فـــى النـــيل خوفا من بطش فرعون الذى رأى فى حلمه أنه سيلقى حتفه على يدى طفـــل مـــن سلالة بنى إسرائيل فأمر بقتل جميع أطفال بنى إسرائيل، فقد عاشت أم موســـى فى مصر وعلمت عن نبات البردى خواصه وقابليته للغرق بعد فتره نتيجه لتشرب سيقانه الماء لذلك قامت بطلاء سيقان البردى بمادة القطران.



صورة (29) سلة من البردى

ج – صناعة الحصير والأحبال:

فقـــد استخدم البردى فى صناعة الحصير بعد شق سيقانه إلى سلخات مناسبة وكـــان الحصـــير المصـــنوع من البردى يقدم كهبات للآلهة واستخدم فى العصر الإســـلامى فى عمل الحصير وأحيانا تفرش البيوت والمساجد بحصير من البردى. واستخدم أيضا فى صناعة الأحبال حيث توجد عينات من هذه الأحبال فى المتحف المصـــرى قد يصل بعضها لأحجام ضخمة مثل الذى عثر عليه "إمرى وذكى سعد" بإحدى مقابر الأسرة الأولى بسقارة وهو محفوظ بالمتحف الزراعى بالقاهرة.



صورة (30) أحبال من البردى متحف سيراكوزا

د – صناعة النعال:

حيــث كان يصنع أسفلها من البردى ويركب عليه سيران من البردى أحدهما يمــر أعلى القدم والآخر يوضع بين الأصبع الكبيرة، وأحيانا كان يوضع سير ثالث من الخلف وذكر هيردوت أن المصرى يلبس ثيابا من الكتان وأحذية من البردى.



صورة (31) صندل من البردى (متحف سيراكوزا)

3– استخدامه فى الرموز والأساطير:

فقد اتخذته مملكه الشمال فى أواخر عصر ما قبل الأسرات شعارا لها وصور فــى رأس مقمعــة الملــك العقرب وصلايه نعرمر، وتوجد أعمده على شكل نبات الــبردى، كما فى المجموعة الجنائزية للملك زوسر بسقارة، وأحيانا تستخدم زهرة الــبردى، إمــا بشكلها المزهر كما فى أعمدة معبد الكرنك أو بشكلها وهى مازالت برعما كما فى أعمده معبد الأقصر.

وفى الرسوم الجداريه قل أن نجد رسما فى الأسرتين الخامسة والسادسة يخلو مــن أى شكل من أشكال البردى سواء حصاده أو مناظر صاحب المقبرة وهو يقوم بالصــيد فــى أحــراش البردى أو يقدم القرابين لرموز الآلهة وفى مقدمتها سيقان البردى بزهرتها الجميلة.

كمــا أستخدم البردى مع اللوتس كرمز للوحدة بين الوجهين القبلى والبحرى، كما أتخذ من شكل نبات البردى صولجان للآلهة مثل حتحور وسخمت.

ولعل استخدام شكل البردى فى الرموز والأساطير يرجع إلى أن نبات البردى هــو النــبات الوحــيد الــذى يصــنع منه الورق الذى يحمل الكتابة التى وضعها المصريون موضع الإجلال والاحترام.

وجعلوا لطائفة الكتبة منزله خاصة تعلو باقى طبقات المجتمع وهذا واضح من بعض الحكماء، ورسائل المعلمين لتلاميذهم.

4- استخدامه فى الأغراض الطبية:

فقد ذكر داود الأنطاكى فى تذكرته بقوله (رماده يجلو الأسنان ويلحم الجراح ويقطع الدم)، وإذا مضغ أذهب الرائحة الكريهة واستخدم فى علاج تقرحات العيون وعلاج الحروق وعلاج أمراض البطن والنزلة المعوية لدى الأطفال المصريين. وروى ابن البيطار فى كتابه الجامع لمفردات الأدوية والأغذية بعض النصوص التى نقلها عن الأطباء والحكماء القدامى فذكر استخدامه فى إدمال الجراحات الطرية، وفتح أفواه النواصير (علاج الناصور) وإذا استنشق دخانه نفع من الزكام ومنع القروح الخبيثة فى الفم وفى سائر الأعضاء من أن تسعى فى البدن. وكان إذا مضغه آكل الثوم والبصل أو شارب النبيذ قطع منه رائحته، ويختفى الذباب من المنطقة التى يزرع بها.

كما أستخدم البردى لبعض الأغراض الصحية مثل حرق ريزوماته الجافة فيتخلف عنها رائحة ذكيه ربما دخلت فى تركيب البخور الذى كان يحرقه الكهنة فى المعابد، وكذلك يستخدم فى الشرب وهى عادة لا تزال متبعة فى كثير من الريف المصرى حتى اليوم.

5- تغليف جثث الموتى:

أحيانا كانت تحشى به بطون المومياوات خاصة البردى القديم التالف وكانت تلف المومياوات بغشاء من هذه الأوراق وتغطى بطبقة من الجص، وفى بعض الأحيان استخدم كغطاء واقى لتغطية التوابيت والجثث المحفوظة داخلها.



صورة (32) لفائف مومياء محنطة لطائر
من البردى عصر متأخر – المتحف الزراعى

6- استخدامه فى المناسبات:

كانــت أزهــاره مــن أحب الأشياء التى تقدم فى مختلف المناسبات السعيدة رمزاً للمــودة فــيقدمها الأطفال لآبائهم أو تهدى للملوك والأمراء، فأحد رجال تحتمس الرابع يهدى إليه باقة كبيرة من أغصان البردى ذات الأزهار اليانعة، (وعنخ أس ان با أتون) زوجــة تــوت عــنخ أمون تقدمله فى حديقة قصرها أجمل باقات البردى، وكذلك قدم لرمســيس الثانى باقات من البردى بمناسبة انتصاره على الأعداء، وكان تقديم البردى فــى شكل باقات البردى جزء هام من الطقوس المفترض القيام بها فى المعابد، بجانب ذلــك استخدام البردى فى تشكيل باقات الورود حيث تساعد سيقانه القوية المنتصبة على اســتقامة الــباقة، وكان يزين موكب الجنازة بأزهار من البردى، ويوضع البردى فوق صدر الميت للاعتقاد فى أنها تمنح الحياة للمتوفى ثانية، كما كانت تزين موائد الطعام.

7- استخدامه فى التعطير:

ومــن خــواص نبات البردى أنه حينما يزرع يختفى الذباب من المنطقة التى يــزرع بها، كما أن ريزومات البردى الممتدة من الأرض إذا ما نزعت وجففت ثم أحرقــت فإنــه يتخلف عنها رائحة ذكية، وربما استخدمت جذوره الجافة فى عهد قدمــاء المصريين كإحدى المواد التى تدخل فى تركيب البخور ذى الرائحة الذكية الذى كان يستعمله الكهنة فى المعابد، ويشترك البردى فى هذه الخاصية مع نباتات أخــرى من الفصيلة السعدية؛ فمثلاً يستخدم الفلاحون ريزومات الخُب وهى جذور تعطى رائحة ذكية عند حرقها؛ لتعطير القلل المستخدمة فى الشراب، وهى عادة لا تزال متبعة فى الريف المصرى حتى اليوم.

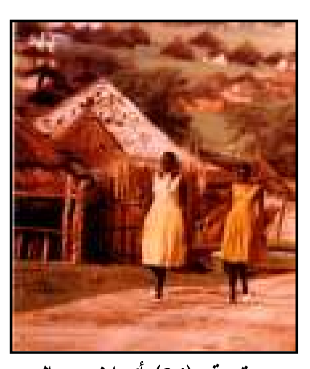
8- أثره على العمارة والفنون فى مصر القديمة:

تأثــرت العمارة عند قدماء المصريين بشكل نبات البردى، فهناك أعمدة مثلثة كســيقان الــبردى وبالغــة فــى الدقة والجمال والمتانة كما فى بعض أعمدة معبد الأقصــر، وفى أعمدة البهو الرئيسى بمعبد الكرنك يلاحظ وجود شكل سيقان نبات البردى وقد تفتحت نورتها، كما استخدم شكل نبات البردى فى عمل حليات زخرفية مثل بعض الأفاريز المبتكرة داخل رسوم المعابد، كما توجد رسوم تشير إلى حصاد البردى بواسطة بعض الأشخاص فى قوارب صغيرة مصنوعة من سيقان البردى، كمــا وجــدت مشــاهد حصــاد الــبردى مصورة فى بعض المقابر، كما استخدم المصــريين البردى فى الزخرفة، فقاموا بعمل مقابض المرايا والمراوح ومقابض الأبــواب وظهور مقاعد الجلوس على شكل زهرة البردى. بالإضافة إلى استخدام سيقان البردى فى صنع مراتب للنوم نظراً لليونة أليافها.



صورة (33) أعمدة من معبد فيلة على شكل زهرة البردى المتفتحة

9- استخدامات أخرى:



صورة رقم (34) أكواخ من البردى

فقد استخدم فى عمل الأكواخ والمنازل لخفه سيقانه الجافة وقابليتها للتشكيل فى حزم عندما ترص بجوار بعضها البعض وهذه الأكواخ والمظلات الخفيفة بقيت رسومها وأشكالها على العديد من حوائط وجدران المقابر.

واستخدم لتغليف قطع الأثاث وكذلك كغلاف للمرايا الثمينة، وعمل كرات للعب حيث كانت تحشى بألياف البردى ثم تكور ويخاط عليها بقطعتين من الجلد، وكذلك كان فى بعض الأحيان يحفظ الخبز بلفة بشرائح من البردى، كما أستخدم لعمل طبقات الكرتوناج حيث لصق البردى فوق قاعدة أحد كراسى توت عنخ أمون ووضعت فوقه طبقة من الكرتوناج الذى رسمت عليه بعض الأشكال الملونة وفى بعض الأحيان كان يستخدم لتكفين بعض الحيوانات من غزلان وشياه وعجول.

10- استخدامات البردى فى سيراكوزا:

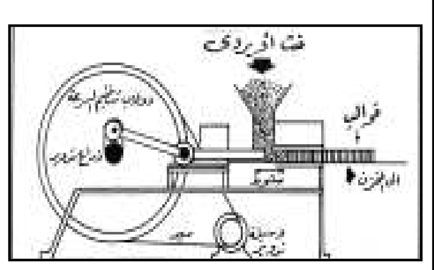
استخدم نبات البردى لأغراض عديدة أهمها صناعة الورق للكتابة، وكما يرى كيوفندا أن العرب قد وجدوا البردى عند دخولهم صقلية، والذى كان يستخدمه السكان المحليون فى صناعة أحبال المراكب والورق. كما استخدم لعمل الحصر كما يشير لذلك أبو بكر بن عبد الله فى كتابه رياض الأنفس أن الحصيرة التى كان يرقد عليها قاضى صقلية المريض حوالى العشرين عاماً الأولى من القرن العاشر تنسب لبردى صقلية. وكان صيادوا السمك يستخدمون البردى فى ضفر الحبال،

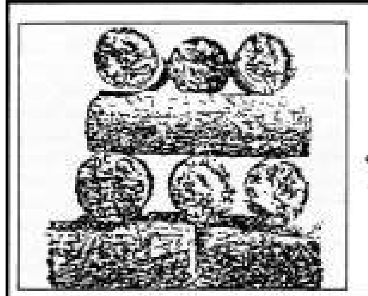
واســـتخدمه الفلاحـــون فى حزم التبن. وللمظهر الجمالى لنبات البردى استخدمت فروعه فى عمل الأكواخ، ولتغطية الشوارع وأرضيات الكنائس فى الأعياد.

11- البردى كوقود جديد للعالم الثالث:

يعتبر نبات البردى من أكثر النباتات وفرة فى العالم، وقد يساعد استغلاله فى مواجهـــة الحاجـــة الماسة للوقود فى كثير من الدول الأفريقية، ولهذا النبات القديم مستقبل جديد، فالتكنولوجيا التى صممت أصلاً لتحويل الخث Peat لوقود قد تساهم عما قريب فى تحويل مساحات البردى لوقود حيوى لدول العالم الثالث. وفى الآونة الأخـــيرة عرفـــنا المزيد عن التركيب الفيزيائى للبردى وأنه من بين أكثر النباتات وفـــرة فـــى العالم، وينمو مرة أخرى بسرعة بعد أن يحصد، وذلك لاحتوائه على مخـــزون وافر من الماء، وقد جاء المزيد من معرفتنا فى الوقت الذى أصبح لدينا فـــيه وعـــي بأزمة الطاقة الأخرى وخاصة فى أواسط أسيا وأفريقيا بسبب اختفاء الأخشـــاب كمصـــدر رئيسى للوقود سواءً بحرقه كخشب أو فى صورة فحم نباتى، وكذلك انعدام المصادر البديلة للطاقة، ويجرى حالياً تقصى إمكانية استعمال البردى كمصدر للوقود. هذا وقد حدث تقدم بارز فى هذا المجال بفكرة ضغط الهواء إلى 1 /20 من حجمه الأصلى فى قالب؛ وذلك باستعمال ماكينة شبيهة بالتى استعملت فى الـــبلاد المتقدمة لإنتاج القوالب من القش المحروق وقطع الأخشاب، وتجرى حالياً المحـــاولات الأولية لإنتاج قوالب البردى فى رواندا. ومن الواضح أن آفاق مستقبل جديـــد لنبات البردى تبدو جيدة فى مكان ما من العالم، حيث لا يوجد إلا القليل من المـــوارد الطبيعية، وحيث يوجد خطراً حقيقياً لمواجهة أزمة فى الطاقة، ومع ذلك فـــإن المســـاحات الشاسعة لمستنقعات البردى كانت دائماً تعوق الملاحة فى أعالى النيل، وتعطل مكتشفى أفريقيا الأوائل.

صورة (35) يوضح ماكينة تحويل البردى إلى وقود.. نقلاً عن New Scientist, 11 August 1993





وقد حاولت الدول المختلفة التى استعمرت أفريقيا الوسطى استغلال البردى لأغراض تجارية، أما أكثر المحاولات استمراراً كانت لاستعماله في صناعة الورق والألواح، حيث تمكنت إحدى المؤسسات بالفعل من إنتاج ألواح صلبة من البردى فى كمبالا لمدة قصيرة، وفى الآونة الأخيرة أنتج مصنع بالقرب من زازا فى رواندا ألواحاً لينة تستعمل فى البناء وخاصة لتبطين الجدران والسقوف.

- قوالب البردى:

يتم إنتاج البردى المفرز على أسطح المستنقعات المجففة والمعدة خصيصاً لذلك، وتعمل آلة التفريز التى يبلغ عرضها 6.7متر على قطع البردى إلى عمق يتراوح بين 1.25 : 2.00 سم، وبعد مدة تتراوح بين يومين وأربعة أيام من الطقس المناسب للتجفيف يكون البردى قد جف وتنخفض نسبة الرطوبة فيه، ويجمع البردى المفرز على شكل أكوام طولية جاهزة للنقل، وعملية القولبة هذه مصممة لإنتاج وقود ذو كثافة ظاهرية عالية لكى يكون أسهل من المادة الأصلية عند معالجته ونقله وإحراقه.

وتنتج القوالب على شكل أسطوانة طويلة بقطر يبلغ 6سم، ويجب أن تخزن القوالب جافة وذلك لأنها عندما تبتل تتمدد لتصل إلى ما يعادل حجمها الأصلى 20 مرة.

وإذا كنا بصدد الحديث عن البردى وأهميته فى حياة المصرى قديماً وحديثاً فتجدر الإشارة هنا إلى أنه لعب دوراً هاماً فى تعريب الدواوين فى العصر الإسلامى كالتالى:

سادساً: دور البردي في تعريب الدواوين :

يمكن القول أن القبط أو المصريين بصفة عامة قد عرفوا اللغة العربية منذ السنوات الأولى للفتح العربى لمصر لأن من أعتنق الدين الإسلامى منهم كان لزاماً عليه أن يتعلم اللغة العربية حتى يتمكن من فهم دينه الجديد ومعرفة شرائعه، إلى جانب قراءة القرآن الكريم.

وكان من نتيجة إبقاء القبط وغيرهم – الذين مازالوا على دينهم – فى وظائفهم بالدواوين، وعدم دراية العرب المسلمين دراية كافية بأمور الصناعات أن ظل العرب المسلمون يستخدمون الطراز حيث صدرت المكاتبات الرسمية للدولة وهى تحمل علامة التثليث، كما كانت تحمل رسوماً للصليب والأجراس، وظلوا على ذلك إلى أيام عبد الله بن مروان (65–86هـ)، إذ أمر بترجمة هذه العبارات التى اعتاد

أن يكتبها صناع القراطيس (ورق البردى) فى مصر على ما يقومون بصناعته من هذه الأوراق، ولما عرف معناها قال: "ما أغلظ هذا فى أمر الدين والإسلام"، وكتب إلـــى أخيه عبد العزيز بن مروان عامله على مصر بإبطال هذا الطراز، واستبدال تلك العبارات بإحدى الشهادتين (لا إله إلا الله) ففعل.

وظـــل هـــذا الطـــراز فى سائر بلاد الدولة الإسلامية، وأمر عبد الملك بإبطال القراطـــيس المطـــرزة بطرز الروم وإنزال العقاب بمن يخالف ذلك، ولما حملت هذه القراطـــيس إلى بلاد الروم وعلم بها الإمبراطور أنكر ما فيها، واستشاط غيظاً، فكتب إلـــى عـــبد الملك: "إن عمل القراطيس بمصر وسائر ما يطرز هناك للروم ولم يزل يطـــرز بطرازهم، فإن كان ما تقدمك من الخلفاء قد أصاب فقد أخطأت، وإن كنت قد أصـــبت فقد أخطأوا، فاختر إحدى الحالتين"، وبعث إليه بهدية يسترضيه بها الرجوع إلى الطراز، فرد عليه عبد الملك هديته وأخبر الرسول بأنه لا رد عنده، فأعادوا إليه أضـــعافها (يقصـــد الهدية)، وطلب الجواب فلم يرد عليه، غضب الإمبراطور وبعث يهـــدده بـــنقش ســـب النـــبى على النقود، لذلك عول عبد الملك على ضرب العملة الإسلامية. وقد اعتبر "جوستيان الثانى" إمبراطور بيزنطة هذين الإجراءين من جانب الخلـــيفة عبد الملك بن مروان عدواناً على سلطانه وحقوقه، وأثار احتجاجاً مما أدى إلـــى تـــبادل مذكرات شديدة اللهجة بين بيزنطة ودمشق انتهت بوقف تصدير البردى من مصر كعقوبة ضد الإمبراطور البيزنطى لفترة من الوقت.

مما سبق نخلص إلى حقيقتين هامتين:

الأولى: إن ورق البردى كان من الصناعات المصرية الخالصة التى لا ينافسها فيها أحـــد، فلو كانت هذه الصناعة منتشرة فى بلدان أخرى غير مصر، لما أرسل الإمـــبراطور البـــيزنطى إلى عبد الملك فى استرضائه ثم فى تهديده، ولما قام عـــبد الملك بوقف تصديره إليه؛ لولا أنه على يقين بأهمية ورق البردى وبأن مصـــر وحدهـــا تملـــك هذا النبات، وفى هذا ما يدل على القيمة الاستراتيجية للبردى ومن ثم للورق المصنوع منه إذ أصبح سلاحاً يعاقب به.

ثانـــياً: (والأهم): إن ورق البردى كان البعث الأول لعملية التعريب وليست السكة، لأن ورق الـــبردى صناعة مصرية خالصة تستخدمه الشعوب جميعاً بما فيها الدولـــة البيزنطـــية، وعلى الجانب الآخر فإن السكة صناعة بيزنطية خالصة تستخدمها الشعوب الإسلامية، وحينما أمر عبد الملك بن مروان بإبدال عبارة التثليـــث إلى شهادة التوحيد على ورق البردى، إنما بدأ عملية تعريب واسعة دون التخطيط لها، وبذلك يكون لورق البردى دور هام فى عملية التعريب.

سابعا: أماكن تصنيع وانتشار البردى:

أ - أماكن تصنيع أوراق البردى:

1- فى مصر:



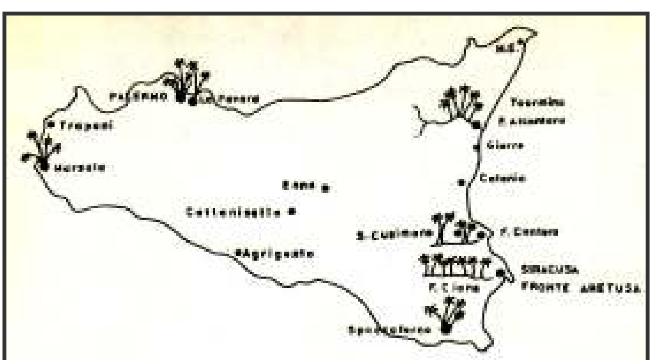
صورة (36) أماكن انتشار البردى فى وادى النيل

يبدو أن مصانع البردى أقيمت بالقرب من أماكن زراعته؛ لأن البردى نبات سريع التقصف، كما يحتاج إليه غضاً فى صناعة الورق، غير أن أكثر المصانع كانت فى الوجه البحرى لكثرة ما فيه من نبات البردى، وكان أقدم مصانع ورق البردى وأطولها مدة فى العمل مصنع فى الإسكندرية، كما كانت مدينة بورة من أهم مراكز الورق المصنوع من نبات البردى، وكذلك مدينة دمياط وأوسيم، ووادى النطرون، وبنها، وبوصير، وسمنود، ودقهلية، وأسوان من مراكز صناعة ورق البردى.



2- خارج مصر:

أما خارج مصر فقد كان هناك مصنع فى سامراء، أنشأه الخليفة العباسى المعتصم بالله (218-227هـ/833-842م) عندما أراد أن ينقل صناعة ورق البردى، لكن للأسف لم يخرج منه إلا الخشن الذى يتكسر ولعل ذلك مرده إلى قلة أو عدم نمو النبات بالعراق، أو إلى ضعف النبات النامى بها، الأمر الذى يرجع معه جلب نبات البردى من مصر أيضاً إلى العراق، وبالتالى فإن طول المسافة جعلت البردى يفقد نضارته التى هى من أهم عوامل إنتاج ورق البردى الجيد. وقد جاء ما يشير إلى صناعة ورق البردى بالقرب من بالرمو، الأمر الذى يرجح معه وجود مصانع للبردى هناك.



صورة (37) أماكن البردى فى جزيرة صقلية

ب- انتشار البردى :

ويخـــبرنا ســـترابو Strabo أن نبات البردى كان ينمو فى إثيوبيا، كما يخبرنا بلينـــيوس Plinius أن نبات البردى كان ينمو فى نهر النيجر، ويذكر ثيوفراستوس Theophrastus أنه كان ينمو فى بحيرة طبرية بفلسطين فى القرن الرابع ق.م.

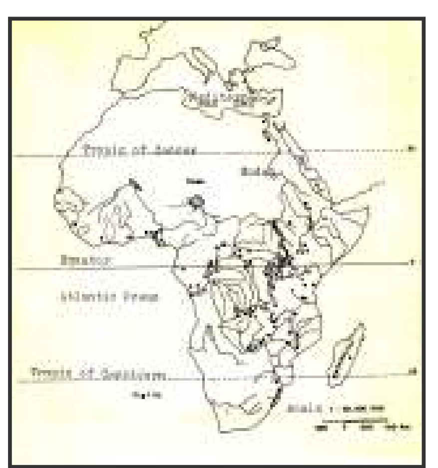
ويـــبدو أن نبات البردى لم يكن ينمو فى وادى دجلة والفرات، إلا أنه في عام 836م بـــنى الخلـــيفة عاصـــمة جديـــدة فى سامرا قرب مدينة بابل، وكان من بين الصـــناع الذين أقاموا هناك صناع ورق البردى، أحضرهم الخليفة من مصر حتى يحصـــل علـــى الـــورق اللازم فى حالة انقطاع وصوله من مصر بسبب الثورات المستمرة.

اكتشـــف المصـــريون صناعة أوراق البردى، كما بدأت مصر منذ العصور القديمة أيضاً فى تصدير أوراق البردى إلى دول العالم المتحضر القريبة منها. كما تؤكـــد لـــنا الوثـــائق أن الشرق الأدنى قد استخدم ورق البردى المصرى بدلاً من الكـــتابة المســـمارية علـــى الطيـــن ابتداء من القرن الثامن ق.م. ويبدو أن العالم الإغـــريقى بدأ يستخدم ورق البردى المصرى ابتداء من القرن السادس ق.م حيث ظهرت صور لفافات البردى على الأوانى الإغريقية.

ويعتقد العلماء أن لفائف البردى قد نقلت إلى روما من مصر فى بداية العصر الـــبطلمى تقريباً، وذلك عن طريق تجار الإسكندرية، ونتيجة لتوسع الإمبراطورية الرومانية انتشرت أيضاً صناعة أوراق البردى واستعماله كمادة للكتابة فى حوض الـــبحر المتوســـط، وحـــتى بعـــد الفتح العربى لمصر عام 641م لم تتوقف تجارة الـــبردى، ولكن فى نهاية القرن السابع الميلادى منع الخليفة تصدير أوراق البردى عقاباً للإمبراطور البيزنطى ولفترة محدودة.

وأثـــناء القـــرن السادس والسابع والثامن الميلادى كانت أوراق البردى تصدر إلـــى مارســـيليا ومنها إلى بلاد الغال، وبعد عام 677م بدأ كبار موظفى الدولة فى فرنســـا يســـتخدمون الرق، وظل ورق البردى يستخدم فى جميع أنحاء فرنسا حتى عـــام 787م، أما عن كبار موظفى الفاتيكان فى روما فلقد ظلوا يستخدمون أوراق الـــبردى المســـتورد مـــن مصر حتى عام 981م، وربما حتى عام 1087م، وآخر نشـــره بابوية مكتوبة على ورق البردى ترجع إلى البابا فكتور الثانى عام 1012م، وفـــى أســـبانيا يرجع آخر نص مكتوب على بردى إلى عام 1017م، وفى جزيرة صقلية وجنوب إيطاليا استعمل البردى حتى القرن الحادي عشر وربما الثانى عشر

المـــيلادى، ويكتب لنا إنستاثيوس Enstathius فى القسطنطينية فى الربع الثالث من القرن الثانى عشر الميلادى عن صناعة ورق البردى انها أصبحت فناً مفقوداً.



صورة (38) أماكن انتشار البردى فى أفريقيا

وفـــى أفريقيا يشغل البردى مساحات واسعة فى أحواض الأنهار الكبرى (النيل – النـــيجر – الكـــنغو... الخ) فى أفريقيا الاستوائية، كما يظهر فى مدغشقر وجزر ماســـــكرين Mascaraignes، وتأصـــــل البردى فى تلك المناطق قبل انتشاره منها ثـــم زراعته بعد ذلك فى مصر وفلسطين وصقلية وغيرها.

وينتشـــر الـــبردى فى بلدان أفريقية عديدة حيث ينمو طبيعياً، ويشكل تجمعات نباتية ممتدة تتجدد حتى بعد قطعها، ويمكن للـــبردى فـــى بعض دول أفريقيا الوسطى النامـــية أن يشكل مادة خام رئيسية، وفيما يلى أهم البلدان الأفريقية التى ينتشر فيها البردى:

1- السودان Sudan

تعتـــبر السودان أكبر مساحات نمو للبردى طبيعياً فى العالم فى منطقة السدود علـــى طـــول بحر الزراف وبحر الجبل (النيل الأبيض) وبحر الغزال وبحيرة نو، وتقـــدر مـــناطق المستنقعات بحوالى 830 ألف هكتار أثناء فصل الجفاف من يناير إلى يونيو، وتزيد إلى حوالى 2 مليون هيكتار أثناء الفيضان من يوليو إلى أكتوبر.

ونـــبات البردى أكثر النباتات وفرة فى منطقة السدود، ويمكن لسيقانه الهوائية Aerial Shoots أن يصـــل طولهـــا لخمســـة أمتار، وتتكون من سيقان هوائية فى مـــراحل مخـــتلفة من النمو، وتحل السيقان الجديدة محل السيقان القديمة الجافة فى دورة مـــتكررة، وبمتوسط 150 ساق نامى فى كل آكمة، وأغلب البردى فى منطقة السدود ينمو على سطح المياه الراكدة.

وقد أظهرت الدراسات التى قام بها معهد الأبحاث اليابانية عام 1963 لصالح الحكومة السودانية أن المساحة المنتجة فى منطقة أحراش بحر الغزال تقدر بحوالى 6000 هكـــتار، وتصـــل مســـاحة الســـطح المستخدم وهو عبارة عن مثلث تشكل أضـــلاعه بحـــر الـــزراف والبحر الجبل وبحيرة نو 120000 هكتار وتصل قدرة

إنـــتاجه لحوالى 60 طن من نبات البردى الطازج للهكتار سنوياً. والحصاد السنوى مـــن النبات الطازج 7.380.000 طن/سنوياً، ونظراً لأن كمية الألياف فى البردى الطـــازج تعـــدل 5% من وزنه يمكن لإنتاج العجينة Pulp أن يقدر بـــ 370.000 طن سنوياً، وهو كم ذو أهمية اقتصادية.

2- إثيوبيا Ethiopia

وفقـــاً لمـــا أورده استرابون Strabo ينمو البردى فى أحراش أثيوبيا، ويغطى مســـاحة 15500 هكـــتار تقريـــباً ببحيرة تانا، ويمكن أن ينتج 15 طن من البردى الجـــاف لكـــل هكـــتار ســـنوياً، ويمكن للإنتاج أن يعادل 112.5 طن من البردى الأخضر للهكتار سنوياً.

3- بحيرة تشاد Lake Chad

ينمو البردى بوفرة فى بحيرة تشاد حيث يشكل جزر كبيرة طافية، ويستخدمه سكان تلك الجزر فى بناء قوارب صغيرة، والافتقار لوسائل المواصلات وضخامة المســـاحة الفاصلة بين البحيرة وأقرب ميناء تجعل من الإنتاج التجارى للبردى فى تشاد أمراً غير ممكناً.

4- الكنغو الوسطى والجابون Middle Congo and Gabon

يشيع البردى فى هذه البلاد وينمو بوفرة فى أقاليم معينة حيث يشكل تجمعات نباتـــية خالصة علاوة على ذلك تضاف ميزة أخرى وهى سهولة الوصول إليه عبر النهر خلال العام. وتنتج التجمعات فى تلك المناطق 25000 هكتار تقريباً.

5- المشاكل التى تعوق استغلال البردى فى أفريقيا:

لا تزال هناك مشاكل كثيرة تعوق استغلال النبات أو استثماره فى جميع البلاد التى ينمو فيها النبات بوفرة فى وسط أفريقيا، على النحو التالى:

أ - صعوبة المواصلات:

يـــنمو البردى غالباً فى أفريقيا فى أماكن نائية تفتقر لوسائل المواصلات، وفى الســـودان اقترحت الحكومة السودانية إنشاء مصنع فى مالكال Malakal على بعد 200 كـــم من أماكن نمو النبات، ويتم النقل عن طريق القوارب، ولا تمتلك السودان فى تلك المرحلة من نموها الصناعة الكيمائية الكافية لإنتاج المواد الأساسية اللازمة لعملـــية إنتاج العجينة Pulp Processing. وتفتقر البلاد أيضاً للبترول مما يعنى أن الوقود اللازم لطاقة الإنتاج يلزم لنقله مصاريف باهظة. والمشكلة نفسها فى أثيوبيا حيـــث تقـــع مزارع البردى فى بحيرات تانا وزواى وتبعد كثيراً عن موانئ البحر

الأحمر. وبالنسبة لتشاد يمكن نقل البردى عبر النهر بين بحيرة تشاد وفورت لامى Fort Lami وهناك محاولة للربط بين الإقليمين.

ب- صعوبات حصاد البردى:

حيث تلعب أدغال البوص Reeds التى تنمو على حواف المياه دوراً شديد الأهمية، وهناك زيادة فى نباتات الحواف المائية ذات الحجم الصغير مثل: Vossia Cuspidata, Nymphaea, Potamogeton, Iris, Carek & Cyprus وتغطى السيقان القديمة ونباتات البردى الخضراء عادة طبقة نامية من النباتات الملتفة وتجعل هذه النباتات - فضلاً عن البردى - من اختراق المنطقة والحصاد أمراً غاية فى الصعوبة، كما تتم عمليات القنص وصيد السمك فى أحراش البردى وأحياناً تحرق النباتات القديمة فى سبيل البحث عن الحيوانات مثل ثعالب الماء، وفى تلك الأراضى الرطبة لا تتمكن النار غالباً من حرق النباتات تماماً وينتج عن هذا خليط من النباتات المحترقة جزئياً ونباتات خضراء، وعند حصاد البردى تؤدى تلك السيقان المحترقة إلى صعوبة فى الحصول على عجينة ورقية مبيضة Bleached Pulp، لذلك فإن حماية أحراش البردى من الحرائق أمراً أساسياً للحصول على منتج نهائى جيد. ومن أجل حصاد كميات ضخمة من البردى يجب أن يؤخذ فى الاعتبار الطرق الآلية لأسباب علمية واقتصادية.

ثامنا: انقراض البردي من مصر :

ظل نبات البردى يتناقص تدريجياً من مصر حتى اختفى تماماً ولم يعد ينمو فيها برياً كما كان من قبل إلا نادراً، وقد حاول بعض الكتاب الأجانب أن يعللوا أسباب انقراض البردى من مصر ومنهم ثيسلتون داير (Thiselton Dyer) بأن نبات البردى غير مصرى الموطن وأنه أتى من السودان على شكل جزر طافية مع فيضان النيل وثبتت جذوره على شواطئ النيل فى مصر وانتقل إلى المستنقعات التى كانت مناسبة لنموه ولكن بمجرد أن تغيرت هذه الظروف الملائمة له وبعد طمر أغلب المستنقعات التى كانت صالحة لنموه فإنه انقرض من مصر، ورفض الدكتور عبد العزيز صالح هذا الرأى، وذكر أن قدماء المصريين اتخذوا من نبات البردى شعاراً لمملكة الشمال منذ عصور فجر التاريخ وما كان ليتخذ شعاراً لها لو لم يكن نباتاً محلياً من صميم البيئة المصرية، أى إنه كان ينمو بكثافة فى مستنقعات وادى النيل بمصر وبخاصة الدلتا. وافترض بروس (Bruce.J) انقراض البردى لعدم قدرته على مقاومة التيارات المائية بسبب ثقل زهرته الضخمة وضعف ساقه

الـــرخوة وجـــذوره القصيرة ورفض رجب هذا الرأى وذكر أن ساق البردى وهى غضة لها من الصلابة ما يمكنها من حمل زهرته ومقاومة فعل الرياح بسهولة دون أن تصاب بأى أذى، شأنها فى ذلك شأن باقى أنواع النباتات الأخرى، كما ذكر أنه شـــاهد عواصف عاتية تهب على فروع البردى دون أن يصاب النبات بأذى عندما يكـــون غضـــاً، كما أن البردى لم يكن ينمو ويتكاثر فى مجرى النهر نفسه أو فى المجـــارى المائية العميقة ذات التيارات الشديدة حتى يكون عرضه لها ولكنه ينمو على حواف النهر فى المياه الضحلة والبرك والمستنقعات.

ويمكـــن القـــول أن انقـــراض الـــبردى من مصر ارتبط بالعديد من العوامل كالتالى:

1- عوامل بيئية وطبيعية:

وهـــذه العوامل متعلقة بطبيعة الإنسان والحيوان وطبيعة النهر وطبيعة النبات نفسه كما يلى:

- ردم إنســـان وادى النـــيل البرك لاستغلالها فى زراعة المحاصيل والحيوانات تلتهم أعواد البردى الغضة حيث تتآكل أطرافه العليا، كما أن طبيعة نهر النيل فـــى جلب الغرين وترسيبه المستمر للطمى عقب موسم الفيضان أدى إلى ردم الكثير من فروع النيل وانكماش المساحة التى ينمو فيها البردى.
- ينمو نبات البردى على ضفاف الأنهار وجانبى النهر فهو بذلك يكون عرضة لازديـــاد وهبوط منسوب الماء المفاجئ وكان من نتيجة ذلك ضياع كثير من مناطق تكاثر البردى وأجماته.
- إقـــبال الـــناس على ردم المستنقعات التى كان ينمو فيها خصوصاً القريبة من المـــدن تخلصاً من الحشرات كالبعوض وغيره من الآفات الضارة التى تعيش وتـــتكاثر فى هذه المناطق ولاستخدام هذه الأراضى فى زراعة محاصيل أكثر فـــائدة من الناحية الاقتصادية من البردى الذى فقد أهميته الاقتصادية باستخدام الورق الحديث بدلاً منه.
- نـــبات الـــبردى يـــتكاثر بواسطة امتداد الساق الأرضية فى الطين مرسلاً فى أعـــلاه بـــراعم طرفية تتحول بعد ذلك إلى سيقان هوائية وهى التى تعلو فوق أســـطح الماء مكونة الأفرع الهوائية، ولكن قد يحدث فى أثناء امتداد الريزوم فى الأرض أن يقابل أى مانع كقطعة صلبة من الحجر أو بقايا ريزوم قديم لم يـــتحلل بعـــد فيمتد الريزوم فى هذه الحالة فوق ذلك العائق بدلاً من الالتفاف حوـــله أو المـــرور تحـــته ولأن الريزوم فى حاله نمو مستمر فإنه فى نهاية

الموسم تتلاشى الحياة تدريجياً من الأجزاء القديمة منه وهى تلك التى أطلقت السيقان الهوائية، ولكن تستمر الحياة فى الأجزاء النامية والممتدة من الريزوم لتنبعث بسيقان هوائية جديدة وعلى ذلك وبمرور السنين واستمرار امتداد الريزومات الحديثة النمو فوق أشلاء الريزومات القديمة التى فقدت حياتها فإنه نتيجة لذلك ترتفع الريزومات فى إخراج البردى بعضها فوق بعض إلى أن تعلو بمرور الوقت فوق سطح الماء وهناك يخرج النبات من بيئته المائية إلى بيئة جافة غير مناسبة لنموه فيضعف تدريجياً إلى أن تنعدم منه الحياة. وهذه الخاصية من الأسباب الهامة التى أدت لانقراض البردى من مصر.

- المستنقعات الصالحة لنمو البردى فى مصر تناسب نمو نباتات أخرى مثل الحجنة والبوص والديس والسمار وذيل القط وكلها نباتات طفيلية تمتد جذورها فى التربة إلى مسافات تزيد عمقاً على تلك التى تصل إليها جذور البردى، ولهذه النباتات خاصية النمو السريع ولكن هذه الخاصية غير متوفرة فى نبات البردى، ولذا فإن البردى عندما يترك بدون عناية أو رعاية فى المستنقعات المصرية بعد إدخال طريقة صناعة الورق الحديث فإن هذه النباتات الطفيلية ساعدت على القضاء على نبات البردى من مصر.

2- ابتكار صناعة الورق:

ولعل السبب الرئيسى والفعال فى انقراض نبات البردى هو ابتكار صناعة الورق والذى ابتكره تساى لون سنة 105 م وكان الصينيون أول من صنع الورق من شرانق الحرير ثم ظهر فى مكة سنة 707م ثم فى مصر سنة 800م وذكر الثعالبى أن كواغيد سمرقند عطلت قراطيس مصر فأخذ الورق يحل تدريجياً محل البردى للأسباب التالية:

- يمكن إنتاج الورق العادى (الكاغد) من خامات مختلفة سهلة ورخيصة مثل الكتان والقطن والقنب والقماش وحبال المراكب وشباك الصيادين القديمة ولكن البردى يحتاج لإنتاج الورق منه إلى أجود أنواع السيقان من البردى وهذه السيقان ضئيلة لا تتجاوز 20% من مجموعة سيقان البردى التى تنمو فى مناقعه مما يرفع كثيراً تكاليف إنتاجه حتى إنه فى الدولة العباسية وهى دولة تصنيع واستخدام الورق فإن عامة الناس كانوا يشتكون ويعلنون عجزهم عن شراء واقتناء أوراق البردى.*

---

* وقال أبو نواس وهو المعاصر لهارون الرشيدى فى زمن الرخاء:

أريد قطعة قرطاس فتعجزنى — محاهم الله عن ود ومعرفة
وجل صحبى أصحاب القراطيس — إن المياسر منهم كالمفاليس

- يمكــن إقامة مصانع الورق داخل المدن وتوفير العمال هناك، أما فى البردى فيقتضـــى الأمر إقامة المصانع فى الأحراش والمستنقعات التى ينمو فيها نبات الـــبردى، وهـــى غالباً تقع فى مناطق نائية بعيدة عن المدن وفى أماكن غير صحية.
- مــن طبــيعة أوراق البردى إذا ترك على حاله فإنه يميل إلى الالتفاف حول نفســه ولقــد أدت هــذه الخاصية إلى جمع أوراق الكتاب المصنوع من ورق الـــبردى علـــى شكل لفافة، وذلك بلصق أطراف أفرخ الورق بعضها ببعض، وظــل الكــتاب يصـــنع على شكل لفافة لعدة آلاف من السينين ولكن الكاغد (الورق العادى) لا يلتف حول نفسه ولقد أدت هذه الخاصية إلى ظهور الكتاب علـــى شكل المصحف (Codex) الذى يصنع من صفحات منفصلة يتم جمعها بلصـــق أطـــرافها من ناحية واحدة مما يسهل فتحه والرجوع إلى أى باب فيه بســـهولة عكس لفافة البردى التى يحتاج فتحها والبحث عن أى موضوع فيها إلى مجهود كبير.

وجه البردى كان دائماً هو المستعمل فى الكتابة ونادراً ما كان يستخدم الظهر لهــذا الغرض أما ورق الكاغد فإنه يصنع من طبقة واحدة من اللب المصنوع من ألياف النبات وبذلك فإن وجه الفرخ مماثل لظهره ولذلك يمكن استخدام الوجهين

3- أسباب اختفاء البردى فى سيراكوزا:

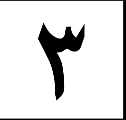
مــن خـــلال الشـــواهد يظهر أن البردى كان موجوداً فى مساحات كثيرة فى صقلية واختفى لأسباب عديدة أهمها أعمال الاستصلاح، واختفى البردى فيما يغلب الظـــن بيـــن عامى 1861 والثلاثين عاماً التاليين، ومن العوامل التى أدت لاختفاء البردى ما يلى:

- بعـــض العوامل البيئية التى تؤثر سلباً على نمو النبات مثل التعرض للرياح، درجات الحرارة المنخفضة، الملوحة وسرعة المياه والجفاف المؤقت.
- القطـــع الجائـــر للأعشاب النامية تحت سطح الماء، ويشترك فى ذلك التركيز الملحى الذى نلاحظه فى بعض الأوقات فى المياه.
- تجفيف البحيرات الراكدة وتحويل المياه إلى قنوات تستخدم لأغراض الزراعة.
- يذكر أن البردى فى بالرمو كان ينمو بشكل عشوائى فى المستنقعات لما يقرب مـــن ألـــف عـــام حتى نهاية القرن السادس عشر حين تم تجفيف المستنقع أو البحـــيرة التى كانت تتسبب فى انتشار الأوبئة وحمى الملاريا بسبب وجودها وســـط المديـــنة، كما تم حفر قنوات لمياه النهر التى تم توجيهها فيما بعد نحو

قنوات الصرف، ومنذ ذلك التاريخ لم يظهر نبات البردى فى بالرمو إلا كنبات للزينة فى بعض الحدائق.

على أية حال فهى بشكل عام تتشابه مع الأسباب التى أدت لاختفاء البردى من نهر النيل وفروعه وفى أماكن أخرى.

ورغم اختفاء البردى فى صقلية باستثناء سيراكوزا يمكن القول أن النبات لا يزال ينمو فى فيومى فريدو Fiume Freddo فى حالته الطبيعية كما ينمو فى الناحية الجنوبية وتحديداً فى Ispica فى إقليم راجوسا Ragusa.



الفصل الثالث
صناعة أوراق البردي

أولاً: صناعة أوراق البردي
ثانياً: نظريات التصاق شرائح البردي
ثالثاً: أنواع ورق البردي
رابعاً: أحجام أوراق البردي
خامساً: مقياس جودة أوراق البردي
سادسا: تزوير أوراق البردي

الفصل الثالث
صناعة أوراق البردى

أولاً: صناعة أوراق البردى

أول الاكتشـــافات البردية عبارة عن لفافة غير مكتوبة من الأسرة الأولى من مقـــبرة (حـــم كـــا) –ســـقارة– تؤرخ إلى الألف الثالثة قبل الميلاد. وظل البردي مســـتخدما خـــلال الأسرات والعصر اليوناني الروماني والعصر البيزنطي وفترة الإسلام المبكر،وأخر الاكتشافات البردية وثائق عربيه مؤرخه ب1087م، وصناعه مســـطحات الكـــتابة من البردي بدأت في الزوال في القرن السابع–الثامن الميلادي عند زيادة استخدام مسطحات الكتابة الجلدية والورقيه.

ويمكـــن القول أنه ليست لدينا مصادر مصرية قديمة (مناظر أو نصوص) تحدثـــنا عن الخطوات التي اتبعها المصري القديم في صناعة الورق من نبات الـــبردي، وإنمـــا استقينا معلوماتنا من بعض الرحالة الأجانب وأشهرهم بليني الأكبر.

وأول التقرير التي أشارت إلى تصنيع أوراق البردي هو تقرير بليني في كتابة التاريخ الطبيعى فى الفقرات من (74–82).

وقـــام كثـــير مـــن العلماء المحدثين بترجمة نص بليني إلى العديد من اللغات ومناقشـــته أمثال (Lewis,1974 & Nielsen, 1985). ويعتبر تقرير بليني صحيح فـــي طريقته الأساسية غامض في تفاصيله لأنه لم يتطرق في تقريره إلى الخطوات الدقيقة في التصنيع.

وتشـــير الفقـــرة 74 من نص بلينى إلى صناعة الورق من نبات البردى بشقه باســـتخدام ابـــره إلـــى شـــرائح رفيعة تكون عريضة بقدر الإمكان، وتوجد أفضل الشرائح فى منتصف الساق.

ومـــن خـــلال هـــذه الفقـــرة يمكن تناول عمليات تصنيع أوراق البردى قديماً وحديثاً.

صناعة أوراق البردي قديماً:

لا يعرف بالتحديد الوقت الذى بدأت فيه صناعة أوراق البردى، ولم تترك لنا الآثار المصرية شيئاً عن مراحل صناعة البردى إلا المنظر الوحيد بمقبرة (بوي ام رع) بالأقصر أسرة 18.

1- وصف المنظر: (Ragab,1980)

يمثل المنظر ثلاثة فى زورق من البردى بأحد المستنقعات، يقوم أحدهم باقتلاع أعواد البردى التى تنمو فى المستنقع ويقوم الثانى بحزم ما تم حصاده منها فى حزم متوسطة حيث يقوم شخص آخر بنقلها إلى رجل يجلس على مقعد منخفض إلى أقصى اليمين من المنظر وهو منهمك فى إعداد سيقان البردى وتجهيزها لصناعة أوراق البردى حيث صور وهو يمسك بطرفى ساق منها بعد أن قطع زهرتها بين أصابع قدمه اليسرى وأصابع يده اليمنى ويقوم بنزع قشرتها الخارجية بيده اليمنى، ويتوقف المنظر عند هذا الحد، والسبب فى قلة المناظر عن صناعة أوراق البردى فى الآثار المصرية غير محدد، فيمكن أن يكون سبب ذلك أن صناعته كانت حكراً للدولة التى كانت تشرف على زراعة البردى وصناعته أو أن الدولة كانت تفرض عليه رسوماً تعود بالفائدة على خزانتها أو ربما اعتبره المصريون سراً من أسرارهم.



صورة (39) المراحل الأولى من تصنيع البردى مقبرة (بوي إم رع – طيبة – الأسرة 18)

2- محاولات تصنيع أوراق البردى:

بعد بليني ظلت محاولات تصنيع البردى غير ناجحة لفترة طويلة والتى بدأت بمحاولات جيمس بروس. وأهم ما جاء فى وصف بروس أنه ذكر أن سبب التصاق الشرائح هى السكريات الموجودة فى عصارة النبات نفسه. وتلى هذه المحاولات محاولات ستودهارد 1934 ثم لوكاس 1928. ويمكن القول إن جميع المحاولات السابقة لم يحالفها الكثير من النجاح تلى ذلك عدة محاولات أهمها محاولات بيركنز Perkins ثم جن Gunn 1930، الذى نجح فى صنع عينة فاخرة من البردى تميزت بالمتانة والقوة والقابلية للالتواء، ونتج عن هذه المحاولات أوراق بردى يمكن استخدامها.

3- طرق تصنيع أوراق البردي:

أشهر المحاولات الحديثة لتصنيع البردى كانت بواسطة لويس 1974، ورجب 1980.

وفيما يلى وصف لطرق تصنيع البردي :

أ - طريقة الشرائح (Strips Method):

- يقطع سيقان البردى وإزالة قشرتها الخارجية الخضراء باستخدام سكينة حادة.
- يقطع نخاع البردى إلى شرائح يتراوح سمك كل شريحة من 3 : 4مم.
- تدق الشرائح بمطرقة أو تدر فل وبذلك يتم فردها.
- غمر الشرائح فى حوض ماء حتى تكتسب الشرائح مرونة.
- تقطع الشرائح على حسب طول وعرض الورقة المطلوبة.
- وضع طبقة من اللباد على منضدة مغطاة بطبقة من قماش القطن.
- ثم وضع الطبقة الأولى من الشرائح وتبدأ عملية ترتيب الشرائح من أعلى أفقياً بنفس الطول الذى يجب أن يكون عليه طول الورقة فى النهاية، والشريحة الثانية تشبه الأولى وتوضع موازية لها مع مراعاة الرص المتراكب (Overlap) بحيث يحدث تداخل بين الشريحتين بمقدار 2مم تقريباً وتستمر العملية كذلك حتى الوصول لعرض الورقة المطلوب.
- الطبقة الثانية من الورقة تكون من الشرائح المقطوعة بالعرض المطلوب للورقة وتوضع من اليمين لليسار فوق الطبقة الأولى بنفس التداخل بين كل شريحة والأخرى وتكون متعامدة على الطبقة الأولى ثم تغطى الطبقتان من الشرائح بقطعة من اللباد.
- يتم وضع الورقة تحت المكبس أو يتم طرقها بمطرقة حتى الجفاف، وتغيير اللباد عدة مرات وبذلك يتم الحصول على أوراق بردى تشبه البردى الأثرى.

ب- تصنيع البردى بطريقة التحزيز (التقشير) Peeling Process :

أشار (Hendriks, 1980) إلى تصنيع البردى بطريقة أخرى غير طريقة الشرائح وهى طريقة التقشير، وقد أشار (Hendriks, 1984) إلى هذه الطريقة نظرياً، إلا إن هذه الطريقة واجهت اعتراضات قوية من العديد من العلماء مثل (Lewis.N) و (Turner.E) وخاصة على استخدام الإبرة فى هذه الطريقة وأنه لابد من اختبار ذلك على البردى الأثرى. وقام المؤلف بتصنيع أوراق بهذه الطريقة ودراسة جميع مراحل التصنيع وتم الحصول فى النهاية على ورقة بردى جيدة الخواص.

وفيما يلى وصف طريقة التقشير لتصنيع أوراق البردى التى قام بها المؤلف: (صورة)



صورة (40) وضع الإبرة عمودياً وبداية عملية التحزيز

- إعداد ساق نبات بردى جيد واستبعاد الجزء السفلى منه.
- قطع الساق إلى جزئيين لتحضير طبقة من البردى من كليهما.
- أخذ أحد الجزئيين ونزع قشرته الخارجية باستخدام سكينة حادة.
- بعد ذلك تبدأ عملية التحزيز باستخدام إبرة معدنية مستقيمة الطرف حيث توضع بزاوية 090 على الساق فى أحد الأركان الثلاثة.
- تحرك الإبرة أفقياً فى اتجاه الساق حركة منتظمة وموازية لأحد الجوانب من أعلى لأسفل حتى تنفصل شريحة من النخاع وتعتبر هذه الشريحة طرف الطبقة الأولى. [صورة 33]



صورة (41) فصل طرف الشريحة الأولى من النخاع

- يستمر العمل هكذا حتى تنفصل شريحة أخرى وبدون توقف عملية التقشير حتى الوصول إلى الركن الثانى من النخاع، وباستخدام الإبرة بالحز أيضاً يفصل الركن الثانى حتى نصل إلى قلب الساق (Core).
- يلى ذلك عملية فرد اللفافة من النخاع باستخدام درفيل يدوى، ثم غمرها فى حوض ماء لمدة 48 ساعة.





صورة (43) فرد الشريحة باستخدام الدرفلة

- يتم العمل بنفس الأسلوب مع الجزء الثانى من الساق حتى نحصل على الطبقة الأخرى بنفس الكيفية السابقة. وبتعريض أى من الطبقتين السابقتين فى ضوء الشـــمس أو على صندوق الإضاءة يظهر أثر الإبرة أثناء التقشير. يتم إصلاح الأجزاء التالفة والناتجة عن عملية الحز باستخدام شرائح رقيقة من البردى.
- يتم وضع الطبقتين معاً بطريقة متعامدة وضغطهما بين قطعتين من اللباد حتى الجفاف.

وبذلـــك نحصـــل علـــى ورقة بردى صالحة للكتابة ولها جودة عالية بأسلوب التقشير.



صورة (44) تركيب الشريحتين بطريقة متعامدة



صورة (45) الشكل النهائى لورقة البردى المصنعة بطريقة التقشير

- موقف العلماء من طريقة التقشير:

ذكر جروهمان 1967 أثناء فحصه الميكروسكوبى لبعض البرديات إنه لا يمكن أن تكون هذه البرديات قد صنعت بطريقة الشرائح واقترح أن هذا البردى قد تم تصنيعه بطريقة التقشير لأنه لم يتوفر فيه صفات البردى المصنع بطريقة الشرائح. كما ذكر إبشر Ibscher أنه وجدت شرائح عرضها يتراوح من 1.5 : 8 سم وان عرض شريحة 8 سم من الصعب وجوده فى طريقة الشرائح.

إلا إن رجب يذكر إنه يمكن الحصول على شرائح من الجزء الأسفل من ساق البردى بعرض 8 سم يمكن استخدامها فى تصنيع أوراق البردى بطريقة الشرائح. ويوجد اعتراض آخر على هذه الطريقة أن ساق نبات البردى مستدق الطرف من أعلى وبطريقة التقشير يمكن الحصول على أفرغ غير متوازية الأطراف تشبه المروحة وتكون غير متجانسة فى أطوالها عند الطبقتين معاً وتكون أطراف إحداهما أقل فى حجمها عن الأخرى ويمكن التغلب على هذه المشكلة بالطرق على الطرف الأقل فى الحجم.

ج- تصنيع البردي متعدد الطبقات :

ذكرت بعض الاقتراحات أن أوراق البردى يمكن أن تكون مصنعة من ثلاثة طبقات من الشرائح وأن بردية جرينفيلد فى المتحف البريطانى كتبت على بردية من هذا النوع، ولسوء الحظ فإن هذه البردية مثبتة ومدعمة على خلفية ورقية ولا يمكن فحص ودراسة السطح ولابد من إزالة تلك الخلفية حتى يمكن تأكيد ذلك.

وذكر شنك Schenk 1973 أيضاً أن البردى مصنع من ثلاث طبقات وذلك عند دراسته لإحدى كتب الموتى فى مكتبة ليبزج.

وذكر أيضاً Jacobsen, 1978 عند وصف بردية أدبية يونانية أنها مصنعة من ثلاث طبقات، ورفض شرنى ذلك وذكر أنه لم يقابل أبداً بردية مصنعة من ثلاث طبقات.

وبدراسة هذه الآراء وتحليلها يمكن حصر الأسباب التى يمكن أن تكون أدت إلى وجود البردى متعدد الطبقات كالتالى:

- أن البردى استخدم بصورة واسعة كبيرة وتم ترميمه باستخدام عجينه النشا (بمعنى لصق طبقة إضافية من البردى) أى ترميم البردى بالبردى للأجزاء المفقودة.

- وأحياناً كان يتم لصق الخلفية من البردى على البردية الأصلية.
- كمـــا يلاحظ سمك الشرائح الكبير خاصة فى برديات العصر المتأخر أو فترة العصـــر الـــرومانى الـــيونانى أى أن تلـــك البرديات مصنعة من طبقتين من الشـــرائح ولكـــن من شرائح عريضة جداً. ويمكن قبول ذلك لأنه فى العصر الـــرومانى استخدم قلم البوص المدبب الذى يشبه المخراز فى الكتابة مما أدى لزيادة فى سمك البردى المستخدم.

وعلى ذلك يمكن القول إن وصف بلينى كان وصفاً مثالياً لتصنيع البردى وأن الطرق الأخرى للتصنيع كانت موجودة ولكنه لم يذكرها.

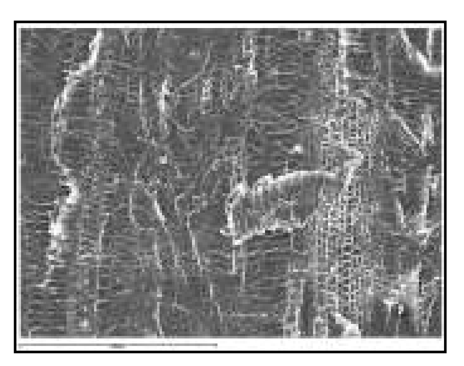
وقـــد أثبـــت Hendriks وجـــود الثلاث طرق من التصنيع وذلك عند دراسته لكـــتاب قـــبطى مـــن الـــبردى القرن 7 – 8م، حيث وجد صفحة مصنعة بطريقة التقشـــير، والصـــفحات الأخرى مصنعة بطريقة الشرائح وكانت واضحة جداً. كما وجـــد أن عـــرض الشـــرائح أحياناً 3 : 4سم، 5.3 : 7سم، وأحياناً 9.7سم ولذلك فالاحـــتمال الأكيد أنه استخدم فى هذا الكتاب الطرق الثلاث فى آن واحد. كما ذكر أن الشرائح العريضة أيضاً أظهرت التطابق والتداخل over lapping بحوالى 2 مم حـــتى أنهـــا قـــد تعطـــى انطباعاً خطئا بأن هذا البردى مصنع من ثلاث طبقات. (Hendriks, 1984)

التمييز بين طريقة الشرائح وطريقة التقشير:

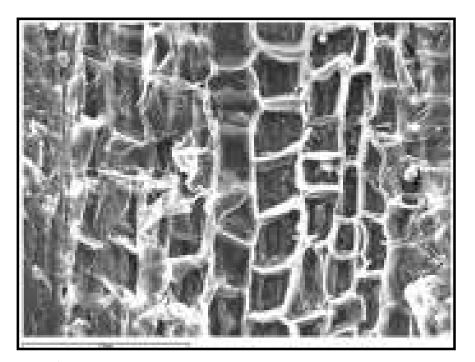
قـــام الباحـــث بتصنيع عينات بطريقة الشرائح وعينات أخرى بطريقة التقشير ودراستها باستخدام الميكروسكوب الإلكترونى الماسح SEM(EDX) فكانت النتائج كالتالي :

خصائص بردى الشرائح:

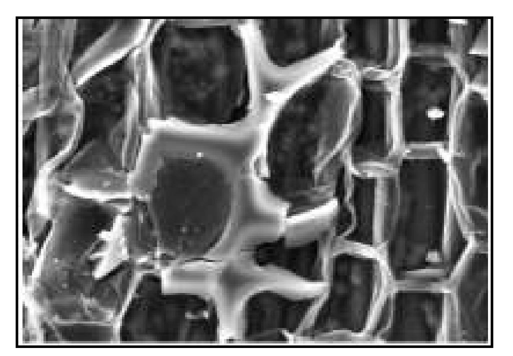
- بدراســـة القطاعات العرضية ميكروسكوبياً، تظهر أحرف الخلايا البرنشيمية وحافتها غير مستديرة تشبه الفنجان، وتلك الحواف هى بقايا الخلايا البرنشيمية وتكون متصلة طولياً وتكون الأنابيب الهوائية البين خلوية.
- وفى القطاعات الطولية تتكرر هذه الحواف فى شكل موجى مميز تماماً ويدل ذلك على أن السكين لم تقطع طريقها خلال النخاع بزاوية o90 تماماً بالنسبة لمحور الساق فدائماً ما تنحرف السكين عن o90 أثناء القطع ويبدو أن الشكل الموجى نتيجة للتركيب الشبكى المتبادل للخلايا البرنشيمية.



صورة (46) الخلايا البرنشيمية متصلة طولياً بردى شرائح (SEM X75)



صورة (47) حواف الخلايا البرنشيمية تظهر فى شكل موجى – بردى شرائح (SEM X500)



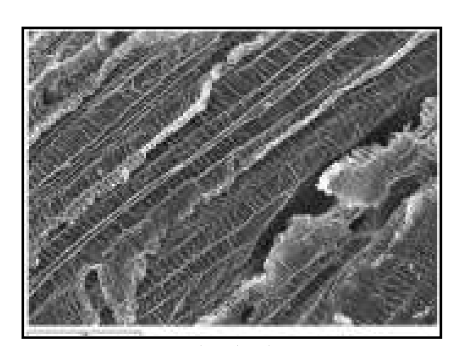
صورة (48) الخلايا البرنشيمية حافتها غير مستديرة تشبه الفنجان – بردى شرائح (SEM X1000)

ويمكن اعتبار الشكل الموجى ظاهرة مميزة لتقطيع البردى بالسكين ويمكن الاعتماد عليها فى التمييز بين بردى الشرائح وبردى التقشير. البردى المستخدم فيه سكين يكون سمك الشرائح تقريباً متساوى على طول الشريط.

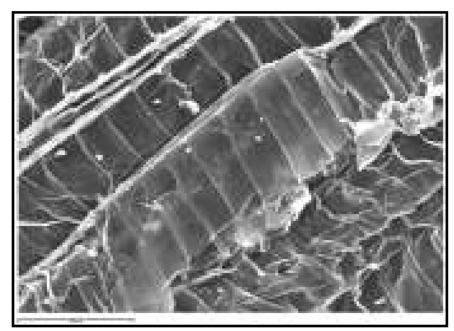
خصائص بردى التقشير:

- الملمس السطحى لبردى التقشير أقل استواء من بردى الشرائح بسبب حركة الإبرة عند فصل القشرة عن النخاع فى حركات قصيرة.
- استخدام الإبرة يفصل الخلايا البرنشيمية عن بعضها ويحدث لها تمزقاً وتظهر شقوق على شكل حرف (U) خاصة فى الأركان.
- يظهر شكل نصل المنشار فى القطاعات العرضية.

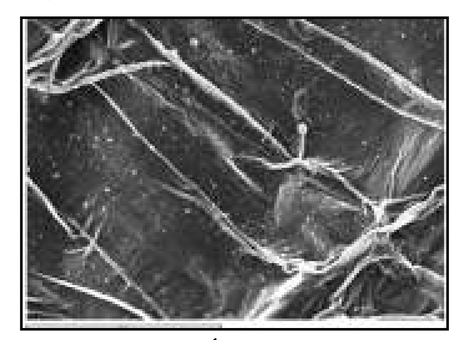
- وبمقارنة هذه الخصائص مع عينات البردى القديم يمكن تحديد طريقة التصنيع مع الآخذ فى الاعتبار أن البردى الأثرى يكون مستوى بواسطة عملية الصقل باســتخدام صدف أو الطرق بمطرقة وبذلك يمكن اختفاء عدم استواء السطح المميز لتكنيك التقشير.



صورة (49) يظهر شكل نصل المنشار– بردى تقشير (SEM X75)



صورة (50) توضح عدم استواء السطح بسبب حركة الإبرة – بردى تقشير (SEM X500)



صورة (51) الخلايا تأخذ شكل حرف U خاصة فى الأركان – بردى تقشير (SEM X1000)

ويمكــن رؤيــة آثــار الطرق فى القطاعات العرضية لأوراق البردى القديمة فالمعــروف أن الحــزم الوعائــية الخشبية عادة تكون مستديرة الشكل ولكن نتيجة لعملية الطرق تبدو بيضاوية. وبصفة عامة فإن هذه الخصائص لا يمكن رؤيتها فى الــبردى الأثــرى الجــاف نتيجة انهيار تركيب الخلايا بسبب الجفاف الشديد ولكن يمكــن رؤيــته جزئــياً بغمر العينة فى الماء حتى تكتسب الأنسجة قدراً من الماء وتنتفخ وتعود لأحجامها الأصلية.

دراســـة تجريبـــية على مراحل تصنيع البردى وتأثير كل مرحله على جوده أوراق البردى:

نلاحــظ أن هناك فرقاً واضحاً بين ورق البردى المكتشف من عهد الأسرات والــذى يتمــيز بجودة واضحة وبين أوراق البردى المكتشفة من العصر الإغريقى الــرومانى أو البــيزنطى أو العــربى والــذى نلاحظه أن أوراق البردى فى هذه العصور الأخيرة تقل كثيراً فى الجودة إذا ما قارناها بتلك المكتشفة قبل ذلك. وذكر (Ragab, 1979) أن جــودة أوراق الــبردى تتوقف على وقت قطف النبات وعمر النــبات أثــناء القطــف والمــنطقة مــن الســاق التى استخدمت للتصنيع. وذكر Wiedemann أن اختلاف عمر النبات ومكان التصنيع من الساق وحالة الحفظ لها تأثير على مكونات البردى وخاصة اللجنين. (Wiedemann, 1979)

وتهــدف الدراســـة هنا إلى تأكيد أهمية الدور الذى تلعبه مراحل التصنيع فى جــودة وخــواص الأوراق المصــنعة، ويــرى الباحث أن كل مرحلة من مراحل التصنيع تلعب دوراً هاماً فى خواص أوراق البردى كالتالي:

المرحلة الأولى: حصاد النبات:

أنســب أوقــات حصاد البردى من شهر مارس إلى أغسطس ومن المؤكد أن أفضــل شهور الحصاد لسيقان نبات البردى بالتحديد (يونيه – يوليه – أغسطس)، ربمــا يــرجع ذلــك إلى أن فيضـــان نهر النيل يزيد من سبتمبر إلى مارس وتنخفض مســتويات المــياه فى شهر يونــيه بدرجــة كافيه تعطى الفرصـــة للحصـــاد بـــدون مراكب، ويكون الحصاد أكثر نجاحــاً وسهولة، ويؤكد ذلك

صورة (52) حصاد البردى

أن الحصـــاد لم يكن يستمر طوال أشهر العام، كما أن نبات البردى نبات استوائى يزدهــر فى درجات الحرارة العالية والتى تتوفر فى مصر فى تلك الشهور. وكلما ارتفعــت درجــة الحرارة كلما قل زمن نضج النبات وتتميز السيقان فى تلك الفترة بـــاللون الأخضر المائل للكريمى. ويمثل المنظر الذى سبق الإشارة إليه من مقبرة "بــوى إم رع – دولة حديثة – طيبة" عملية حصاد البردى وتربيط السيقان معاً فى شــكل حــزم، وكذلك التخلص من الزهرة (القيفلة) أثناء الحصاد. ويفضل فى ساق

نبات البردى المستخدم فى التصنيع أن تكون منتصبة غير ملتوية وأن تكون متجانسة فى القطاعات العرضية ويكون التدرج غير ملحوظ من أسفل لأعلى الساق حتى نحصل على شرائح متجانسة فى عرضها.

وإذا حدث كسر للساق أثناء الحصاد، فإن منطقة الكسر تظهر بلون بنى غامق فى الشريحة المقطوعة من هذا الجزء بعد الانتهاء من جميع مراحل التصنيع. كما يفضل أن يكون لون الساق كريمى فى الجزء السفلى. (Lewis, 1989)

المرحلة الثانية: نزع القشرة الخارجية الخضراء:



وللحصول على شرائح جيدة يجب أن تتم هذه المرحلة عقب الحصاد فى مدة تتراوح من 3 : 7 ساعات حتى لا تلتصق القشرة الخضراء بالنخاع ويصعب إزالتها، ويفضل أن تتم هذه العملية بعيداً عن الشمس مع استمرار وضع الماء على السيقان لتفادى جفاف السيقان، وتستخدم سكينة حادة لإزالة القشرة الخارجية.

المرحلة الثالثة: تقطيع النخاع لشرائح بطول الساق:



صورة رقم (54) التقطيع لشرائح باستخدام السكين

ويفضل استخدام سكينة حادة أو آلة التشريح الحديثة المستخدمة فى معهد بحوث البردى، وباستخدام هذه الآلة يمكن الحصول على شرائح ذات سمك واحد، ولا يتخلف أى شوائب على الشرائح باستخدام هذه الآلة. ويراعى أثناء هذه المرحلة ما يلى:

أ – استبعاد الشريحة الأولى* الخارجية من أطراف النخاع:

ولمعرفة تأثير الشريحة الأولى على جودة أوراق البردى تم تصنيع بعض أوراق البردى من الشريحة الأولى فقط لبعض سيقان البردى وبجميع خطوات التصنيع فكانت العينة فى مظهرها العام جيدة ولكن التصاق وتماسك الشرائح

* الشريحة الأولى: يقصد بها الألياف الخارجية المحيطة باللب الداخلى لساق البردى بعد نزع قشرته الخارجية.

ببعضها ضعيف، ملمس الأوراق خشنة عن الأوراق المصنعة من النخاع الداخلى، وإذا لم يتم استبعاد الشريحة الأولى وتقطيع اللب الداخلى بأكمله لشرائح بطول الساق نجد أن سطح الورق بعد التصنيع غير متجانس من ناحية الملمس لان الشريحة الأولى سطحها خشن عن باقى الشرائح المصنعة من النخاع الداخلى للساق كما أن التصاق الشريحة الأولى بباقى الشرائح بعد التصنيع ضعيف، وبالتالى فإن استبعادها يؤثر فى نعومة أوراق البردى ودرجة التصاق الشرائح ببعضها.

ب- استبعاد الجزء الرخو أسفل الساق:

وهو الجزء الذى يبعد عن الريزوم بحوالى 10-15سم، وبتصنيع أوراق بردي من هذا الجزء فقط كانت النتائج ما يلى:

- عند التجفيف تحت المكبس يحدث تهتك للألياف فى هذا الجزء وفى بعض الأحيان تشبه الشرائح مصاص القصب، ولعل سبب ذلك زيادة نسبة المواد السكرية فى هذا الجزء عن باقى الساق.
- الأوراق المصنعة من هذا الجزء شفافة جداً فعند الكتابة أو الرسم عليها تظهر الكتابة والألوان من الخلف بدرجة واضحة.

المرحلة الرابعة: الدرفلة:

الدرفلة هى البديل الأمثل لعملية الطرق بمطرقة لأن الطرق يمكن أن يتلف ألياف البردى وينتج عنه فراغات وفجوات خاصة فى الأماكن التى يتم طرقها بشدة ولا يوجد دليل فى مصر الفرعونية لأى نوع من أنواع الضغط، والهدف من هذه المرحلة التخلص من المواد النشوية والمواد السكرية فى شرائح البردى وإعطاء مرونة ونعومة للشرائح أثناء التصنيع، ولتحديد الدور الذى تلعبه هذه المرحلة فى جودة أوراق البردى قام الباحث بتصنيع أوراق بردي بجميع مراحل التصنيع عدا مرحلة الدرفلة، فكانت النتائج كما يلى:

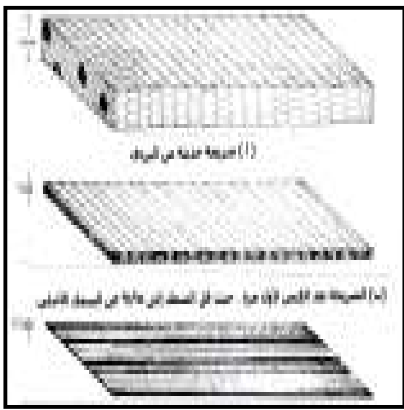


صورة (55): الدرفلة يدوياً

أ – عند التجفيف تحتاج الأوراق لزمن تجفيف أكبر من زمن التجفيف لباقى الأوراق المصنعة بجميع المراحل.

ب– سمك الشرائح كبير جداً، حيث يقل سمك الشرائح بعد عملية الدرفلة حوالى 25%.

ج– معظم الأوراق المصنعة بدون مرحلة الدرفلة لونها بنى غامق.



صورة (56) تأثير الدرفلة على سمك شرائح البردى

من ذلك يمكن أن نؤكد أن مرحلة الدرفلة أهم مراحل تصنيع أوراق البردى وأكثرها تأثيراً فى جودة أوراق البردى والأوراق المصنعة بدون هذه المرحلة لا تصلح للكتابة عليها ونلاحظ أن شرائح البردى لكى تندمج أليافها فى بعضها لتكون (فرخاً) من الورق فإن الأمر يقتضى طرقها بمطرقة أو درفلتها بواسطة درفيل (Roller) خشبى أو معدنى. كما أن أسلوب المعالجة نفسه مثل الطرق أو الضغط يكون له تأثير على خواص البردى فعند تصنيع بردى بطريقتين مختلفتين أحدهما بالضغط والآخر بالطرق أظهرت منحنيات DTA اختلافاً فى قمم اللجنين بالنسبة للطريقتين.

المرحلة الخامسة: غمر الشرائح داخل أحواض:

بعد مرحلة الدرفلة تغمر الشرائح مباشرة داخل أحواض بعد حزمها معاً ويغطى الحوض جيداً بالبولى إيثلين وقطع من اللباد وبعض الأثقال، وتتراوح فترة الغمر من يومين إلى ثلاثة أيام ويراعى عدم تأخير مرحلة الغمر لأن الشرائح يمكن أن يتغير لونها إلى اللون البنى ويجب أن يتم غمر جميع الشرائح وعدم تعرضها للهواء الجوى، فأى شريحة تتعرض للهواء الجوى بسبب سوء الغمر داخل الأحواض تتغير للون البنى وتحدث لها عملية أكسدة.



صورة رقم (57) غمر حزم شرائح البردى داخل أحواض

ولتحديد دور هذه المرحلة فى جودة أوراق البردى تم تصنيع أوراق بردي بجميع مراحل التصنيع عدا مرحلة الغمر فكانت النتائج ما يلى:

أ – الورق المصنع أقل مرونة من الورق المصنع بجميع مراحل التصنيع، فالهدف من هذه المرحلة إعطاء الشرائح مرونة وملمساً ناعماً.

ب– أنها من أكثر المراحل تأثيراً فى لون ورق البردى فإذا طالت فترة الغمر عن ثلاثة أيام تتحول الشريحة للون البنى، وكذلك إذا لم يتم الغمر الكامل للشرائح تتأكسد وتتحول إلى اللون البنى.

المرحلة السادسة: التقطيع للأطوال المطلوبة:

بعد غمر الشرائح لمدة يومين داخل الأحواض توضع الشرائح على منضدة (منضدة التقطيع) وتوضع الشرائح بطول الساق عليها وباستخدام سكين حاد يتم تقطيع هذه الشرائح إلى الأطوال المطلوب الحصول عليها. وبالاستعانة بالمساطر الخشبية مع استبعاد الشرائح ذات اللون البنى أثناء التقطيع.



صورة رقم (58) التقطيع للأطوال المطلوبة

الرحلة السابعة: ترتيب الشرائح:

ويقوم بهذه المرحلة شخص ذو خبرة ومهارة فى تصنيع البردى، ففى هذه المرحلة يمكن التخلص من العيوب التى يمكن أن تحدث فى المراحل السابقة، ويتم الرص المتعامد للشرائح فى صورة طبقتين أحدهما أفقية والأخرى رأسية. وأهم ما يجب مراعاته أثناء هذه المرحلة ما يلى:



صورة رقم (59) ترتيب الشرائح طولياً وعرضياً

أ – استقامة وتعامد الشرائح، وتجنب أى ميل للشرائح حتى لا يشوه مظهر الورق بعد الانتهاء من التصنيع.

ب- لابد من وجود أماكن تداخل بين كل شريحتين متتاليتين لها (Over lapping) بمقدار 2مم وأهمية أماكن التداخل أن الشرائح بعد الجفاف يحدث لها نسبة من الانكماش فبدون أماكن التداخل هذه تبعد الشرائح عن بعضها وتظهر فراغات بين الشرائح.

ج- التجانس اللوني للشرائح المستخدمة فى كل ورقة بردى بحيث تكون ألوان الشرائح بعد الجفاف متقاربة فى درجاتها اللونية.

د- يراعى استبعاد أى شريحة بها عيب من عيوب التصنيع من المراحل السابقة.

المرحلة الثامنة: تجفيف الأوراق:

بعد الانتهاء من جميع المراحل السابقة توضع كل مجموعة من الأوراق بين قطعتين من اللباد ثم توضع تحت أثقال أو مكبس للتخلص من الماء الزائد، وتكرر هذه العملية أكثر من مرة فى خلال 30 دقيقة تقريباً والتغيير المستمر للباد، وبعد ذلك توضع الأوراق بعد الجفاف النسبى هذا بين أوراق من الكرتون الناعم ثم يوضع تحت المكبس وتكرر أيضاً هذه العملية على مدار يومين متتالين حتى تجف الأوراق نهائياً.

كما إنه بالتجفيف السيئ تحت المكبس أو الأثقال يمكن أن يحدث انكماش للألياف، وبوجود نسبة عالية من الماء داخل الشرائح بعد التجفيف يمكن أن تؤدى لإصابة الأوراق بيولوجياً.



صورة (60) التجفيف تحت أثقال



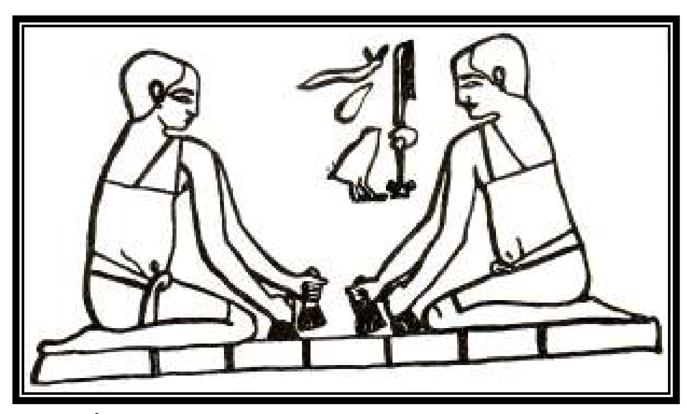
صورة (61) التجفيف تحت مكبس



صورة (62) التجفيف بالطرق

المرحلة التاسعة: الصقل والتنعيم:

أى صقل وتجهيز سطح البردى للكتابة أو الرسم كما كان يتبع عند المصريين القدماء، وقديماً كان يتم تنعيم السطح بواسطة قطعة من العاج أو الصدف لجعل السطح أكثر لمعاناً وأقل امتصاصاً للأحبار والألوان، ولوحظ فى كثير من البرديات الجنائزية أن السطح الداخلى للفافة أكثر نعومة من السطح الخارجى، فإذا كانت البردية مكتوبة على وجه واحد فيمكن ملاحظة الجانب الأنعم وتمييز داخل اللفافة من خارجها، وإذا كانت البردية مكتوبة من الوجهين كما فى خطابات عصر الرعامسة المتأخر لا تُظهر البرديات أى اختلاف ملحوظ بين سطحيها، وقد رجح كثيرون باستخدام زيت الأرز كمادة حافظة لأوراق البردى.

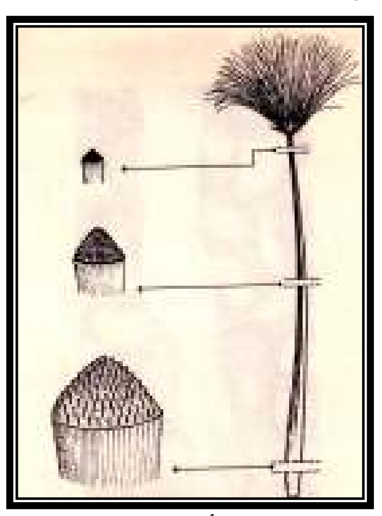


صورة (63) عملية صقل وتنعيم سطح البردى قديماً

وربما يكون اللمعان الملحوظ لأسطح أوراق البردى ناتج من داخل بناء المادة نفسها، أى عن الطبيعة اللزجة لعصارة النبات والتى تساعد فى إعطاء لمعان لأسطح أوراق البردى.

من دراسة مراحل التصنيع السابقة نجد أن كل مرحلة من المراحل لها دورها وأهميتها فى جودة وخواص أوراق البردى فإذا لم تتم كل مرحلة بدقة ينتج عنها عيوب تؤثر فى خواص البردى، وأن أهم مراحل التصنيع تأثيراً فى جودة أوراق البردى هى مرحلة الدرفلة.

تحديد أفضل جزء من الساق لتصنيع أوراق البردى:



صورة رقم (64) أجزاء ساق نبات البردى

أشار بلينى إلى أن أفضل أنواع الشرائح هى التى تقطع من الجزء الأوسط من الساق وتقل جودة هذه الشرائح كلما بعدنا عن ذلك الوسط، وقد اختلف العلماء فى تحديد ذلك الوسط فهل الوسط هو وسط الساق نفسها أم أنه الجزء المنتصف من النخاع، فذكر رجب أن أفضل أجزاء الساق لتصنيع أوراق البردى هو الجزء الأسفل وقام الباحث بتصنيع أوراق بردية كما يلى:

1- حصاد 5 حزم من سيقان البردى الناضج تتراوح الحزمة الواحدة من 20 : 25 ساق.
2- نزع القشرة الخارجية الخضراء باستخدام آلة حادة.
3- التقطيع لشرائح باستخدام آلة التقطيع الآلى للحصول على سمك واحد.
4- الدرفلة باستخدام الدرفيل المعدنى الآلى.
5- الغمر داخل أحواض لمدة 48 ساعة.
6- وضع الشرائح بعد الغمر على منضدة التقطيع وتقطيع جميع الشرائح وهى بطول الساق إلى ثلاثة أجزاء أسفل ووسط وأعلى.

أ - أسفل الساق (الكعب): هو الجزء المغطى بالأوراق الغمدية الحرشفية الحمراء وأعلى من ذلك الجزء بحوالى 10سم.

ب- وسط الساق: وهو الجزء الذى يتراوح من أعلى الأوراق الحرشفية بحوالى 10 سم إلى ما قبل الزهرة بحوالى 40 سم.

ج- أعلى الساق: ويتراوح هذا الجزء من قبل الزهرة بحوالى 40 سم إلى نهاية الساق.

7- فصل كل مجموعة من الشرائح على حدا من أعلى ووسط وأسفل الساق ثم ترتيبها الترتيب المتعامد لكل مجموعة على حدا.

8- وضع الأوراق تحت المكبس لمدة 48 ساعة حتى الجفاف. وبعد ذلك كانت النتائج ما يلى:

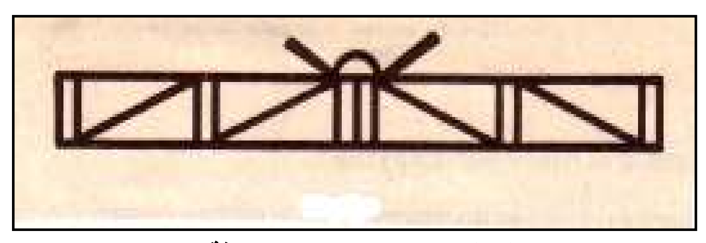
أن أفضل الأوراق من حيث الخواص اللونية والالتصاق هى الأوراق المصنعة من الجزء الأسفل من الساق لأن شرائح هذه المنطقة أعرض الشرائح فهذا الجزء أغلظ جزء فى الساق كما أن الشرائح فى هذا الجزء أكثر التصاقاً ببعضها عن باقى أجزاء الساق وخاصة شرائح الجزء الأعلى من الساق. كما يمكن الحصول من الجزء السفلى على شرائح رقيقة السمك وبها نسبة عالية من اللب الداخلى (Pith)، وفى ساق نبات البردى الألياف تمتد بطول الساق وتقل تدريجياً كلما اتجهنا لأعلى، لذلك تكون الشرائح المأخوذة من أعلى الساق أكثر صلابة وأقل جودة عن باقى الشرائح.

ولكن يمكن أن نؤكد أنه يمكن الحصول على أوراق بردى ذات مواصفات جيدة من المنطقة التى تتراوح من كعب النبات وحتى ما قبل الزهرة بحوالى 40 سم تقريباً.

تفسير اللون البني في أوراق البردي:

العلامة الهيروغليفية التي تدل على لفافة البردي غالباً ما تكون ملونة باللون الأبيض أو الأصفر الباهت (Cerny, 1966)

وكثيراً ما وجدت لفافات البردي الممثلة لدى تماثيل الكتبة ملونة باللون الأبيض في حالة احتفاظ هذه التماثيل ببعض ألوانها.



صورة (65) الرمز الهيروغليفى للفافة البردي

أمـــا أوراق الـــبردي التي يعثر عليها في الحفائر في المواقع الأثرية فتتفاوت ألوانها ما بين الأصفر الباهت وبين مختلف درجات اللون البني أو البني الغامق.

توجد عدة آراء تفسر اللون البني في أوراق البردي، فذكر رجب أن شرائح الـــبردي لكـــي تـــندمج أليافها بعضها البعض لتكون فرخاً من الورق فإن الأمر يقتضـــى طرقها بمطرقة أو درفلتها بواسطة درفيل (Roller) خشبي أو معدني، ولكـــن بمجـــرد القـــيام بهذه العملية يتحول اللون الأبيض الناصع إلى لون داكن يخـــتلف باخـــتلاف درجات نمو الساق، وكذلك هناك علاقة بين عمق المياه التي ينبـــت فيها نبات البردي وبين هذه الخاصية وكلما طالت المدة اللازمة بين عملية رص الشـــرائح ودرفلتها وتركها في الماء فإنها تؤثر على لونها وتحول الأوراق إلـــى اللـــون البني الداكن. كذلك عند غمر شرائح البردي بعد درفلتها في حوض الماء فإن الشرائح العليا المعرضة للهواء تزداد دكانه عن الشرائح الموجودة في أســـفل الحـــوض لذلك يراعى بقاء كل الشرائح مغطاة تماماً بالماء حتى لا يتغير لونهـــا وتـــتحول للون الداكن، وذلك بوضع أثقال فوق شرائح البردي في حوض الغمـــر. كما أثبتت التجارب أن درجة نضج النبات أثناء الحصاد ومنطقة الساق التي قطعت منها الشرائح وكذلك مهارة الصانع تؤثر في درجة لون البردي الذي يتم الحصول عليه.



صورة رقم (66) شرائح بردى بنية
من ساق بردى بعد مرحلة النضج

ويـــرى Wiedemann, 1983 أن اللـــون البنـــي الذي يوجد في البردي القديم يحتمل أن يكون بسبب النسب العالية للجنين.

وفســـر عـــبد الحميد اللون البني في أوراق البردي إلى تأثير مواد حافظة أو ملونة يحتمل أن يكون المصري القديم استعملها، كما أشار أيضاً إلى أن سبب اللون البني يرجع إلى تحلل اللحنين النباتي تحللاً أتلافيا بتأثير الضوء حيث يتأكسد ببطء متكسراً معطياً أحماض آروماتية (عضوية) مثل حمض البنزويك وغيره.

وأشارت Flieder, 2001 إلى أن لون ورق البردي يتوقف على سمكه وعلى سرعة التجفيف، فكلما كانت ورقة البردي رقيقة السمك كلما جفت بصورة أسرع، فيكون الورق الناتج أكثر بياضاً، وفسرت ذلك أن نبات البردي يحتوى على أكسيد الفينول Phenol Oxides وبعض الإنزيمات مثل اللكتاز Lactase، والتي تعمل في وجود الأكسجين كمواد مساعدة لأكسدة فينولات النبات، وتتأكسد الفينولات الأحادية Monophenols إلى Orthophenols التي تتأكسد بدورها إلى كينونات، وهذه الكينونات هي مركبات ملونة. وهذه العملية هي السبب وراء تحول ورق البردي إلى اللون البني عند تعرضها للهواء، وهذا يتوافق مع ما تم ملاحظته في مجموعة اللوفر من أن البرديات الأكثر سمكاً تكون أغمق، بينما البرديات الأقل سمكاً تكون أفتح، وبالنسبة لتغير اللون إلى البني فإنه يمكن حدوثه أيضاً إذا تم الطرق قبل التجفيف.

دراسات تحليلية حول مواد المعالجة السطحية للبردي:

1- المحاليل المائية المستخدمة:

تستخدم المحاليل المائية أثناء التصنيع بهدف الحصول على سطح فاتح اللون- وكذلك بهدف الحصول على سطح يسمح بعمليات الصقل والتنعيم النهائية.

وتؤدى المعالجة المبدئية للشرائح بالغمر فى المياه العادية لفترات زمنية محددة إلى إزالة المركبات الملونة القابلة للذوبان فى الماء مما يؤدى لثبات اللون الفاتح للشرائح خاصة عندما يتم إخضاع تلك الشرائح للضغط.

ويمكن تبييض الورق بالتعريض لفترة طويلة لأشعة الشمس مما يؤدى لفقدان تدريجى للمادة الملونة، ولأن التبييض باستخدام أشعة الشمس يتطلب فترة طويلة اضطرت المصانع القديمة للحصول على اللون الفاتح لأوراق البردى وبدرجة متجانسة إلى استخدام محاليل مناسبة وفعالة يعتمد تأثيرها على تركيز ودرجة حرارة المحلول ومدة الغمر، هذا بخلاف العمر ومنطقة الساق التى تصنع منها الأوراق.

2- المواد المستخدمة للحصول على اللون الفاتح لورق البردى "معالجات التبييض":

استخدمت لهذا الغرض سوائل ذات طبيعة متنوعة مثل: المياه العادية سواء من أنهار أو آبار أو عيون مع إضافة محاليل حامضية نباتية أو استخدام مياه ملحية كبريتية.

كما يمكن إخضاع مجموعات الأفرخ المبللة لأبخرة الكبريت (SO2 عامل مختزل للألوان). وكان يمكن إضافة مياه غنية بمركبات جيرية أو كميات صغيرة

مــن ملونات بيضاء ذات طبيعية متنوعة منها على سبيل المثال كربونات الكالسيوم بهــدف زيادة أو تثبيت البياض في سطح الكتابة والعمل على ألا تظهر الكتابة من الجانب الخلفي من الورقة.

3- دراسة مواد المعالجة السطحية للبرديات القديمة:

وفــيما يــتعلق بأعمــال التشــطيب التى من شأنها أن تزيد من بياض السطح المكــتوب علــيه ودرجــة المقاومة للرطوبة وأضرار الحشرات فكانت هذه الأعمال تتكون من طلاء أو مسح السطح باستخدام محلول رابط مثل اللبن (الكازين) - بياض البــيض - الصمغ العربى - الجيلاتين - نشا الدقيق - مواد عطرية - المر - زيت الأرز - الصنوبر - القلفونية، والتى يتم خلطها فيما بينها.

وعــن وجود المواد الرابطة أو المالئة نجد ما يؤكدها عند الملاحظة التحليلية، حيــث تقــوم المواد الرابطة بتثبيت الألياف السطحية فى ورق البردى، كما تحول دون انتشار الحبر وتزيد من قوة مقاومة المادة للتكسر والكرمشة وتعمل أيضاً على ربــط مــادة الصــبغة بسطح الكتابة، كما أنها تقاوم عملية الكشط أو المسح لمادة الحبر.

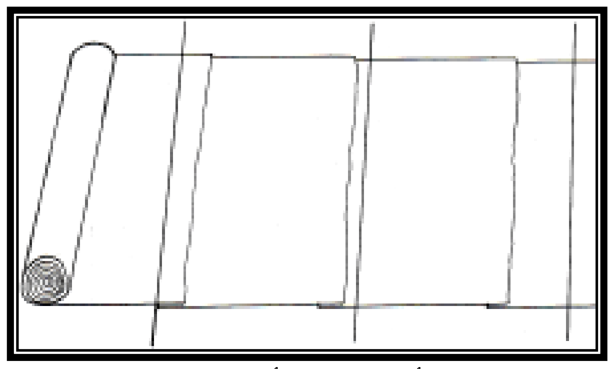
وأحــياناً كانت تستخدم الزيوت والشموع والأصماغ الراتنجية سواءً وحدها أو خلطهــا ببعضــها لحفظ ورق البردي من الرطوبة ومقاومة الحشرات والقوارض. كما يمكن الحصول على ورق بردى مقاوم للعوامل البيولوجية باستخدام ماء معدني كبريتى.

ومن مجموعة النتائج السابقة والتي أجريت على عينات متنوعة أنها تعرضت جميعها لمعالجات مما يؤكد استخدام إضافات أثناء عملية الصناعة وبما يؤكد أيضاً وجــود علاقــة بين الأنماط المتنوعة للمعالجات المستخدمة في عمليات التشطيب وحفظ ورقة البردي نفسها.

صناعة لفافات البردى:

مــن المعروف أن أفرخ البردى يتم لصقها معاً لتكوين اللفافات أو القراطيس، ومنذ نهاية الدولة القديمة فصاعداً استخدمت لفافة البردى الموضوع عليها ختم من الطيــن فى الكتابة الهيروغليفية كمخصص Determination، والكثير من البرديات قد حفظت فى شكل لفافات أو قراطيس، وغالباً ما يظهر نموذج الطية الأصلية فى العديد من النماذج القديمة، أما إذا أراد الكاتب أو المستخدم للفافة قطعة صغيرة من الــبردى فيبدو أنهم كانوا يقطعونها من اللفافة سواء قبل أو بعد كتابة النص، وتميل

بعـض الآراء إلـى أن لفافة البردى كانت تتكون من 20 فرخ من البردى. وكانت اللفافـة تُصنع عند جفاف الأفرخ بوضع فرخ فوق الآخر لمسافة 1 : 2 سم تقريباً مع استخدام لاصق لربطهما معاً.



صورة رقم (67) أسلوب ترتيب أفرخ البردى لعمل اللفافات

ويذكـر بلليـنى أن العجينة المستخدمة للصق الأفرخ ببعضها كانت من أجود أنواع الدقيق، وتطرق لمدة 24 ساعة حتى تتماسك، ومن المحتمل أن اللاصق كان غـراء حيوانى أو صمغ نباتى مثل الصمغ العربى، وقد تمكنت (Flieder, 1996) من تعيين عجينة النشا فى بعض العينات لأماكن الاتصال فى أفرخ البردى.

ويذكـر بلليـنى أنـه بعـد وضـع اللاصق يتم الطرق عليها بمطرقة لإزالة الكرمشات الناتجة عن عملية اللصق وتنعيم أماكن الاتصال، وللحصول على مكان اتصال أملس كان يتم وضع مزيداً من عجينة اللصق قبل الطرق، ويجب تنفيذ تلك العملـية بمهـارة كبيرة حتى يتم الحصول على سمك مقارب لبقية اللفافة، وكذلك لـزيادة النعومة مع عدم حدوث أى فجوات أو ضعف فى أماكن الاتصال، وبمجرد لصق الأفرخ معاً لتكوين اللفافة تصبح المادة جاهزة للكتابة عليها.

ثانياً: نظريات التصاق شرائح البردى

أعطى الكثير من الكتاب فى الماضى وحتى الآن تفسيرات عن كيفية التصاق شـرائح الـبردى معاً لعمل ورقة من البردى يمكن استخدمها للكتابة وفيما يلى أهم هذه التفسيرات:

1- ماء طمى النيل كلاصق:

نسـب بلينى Pliny خاصية التصاق شرائح البردى إلى السائل الغروى الموجود فـى طمـى النيل، حيث ذكر فى تقريره عن صناعة البردى إنه بعد وضع الشرائح

مـــتعامدة فإنهـــا تـــبلل بماء النيل وأن ماء النيل عندما يكون عكراً تكون له الصفات الخاصة بالغراء، أى إن طمى النيل هو الذى يقوم بدور المادة الرابطة. إلا أن تقرير بلينى واجه الكثير من الاعتراضات من جانب العديد من علماء البردى وأنه وقع فى خطأ جوهرى باعتقاده أن ماء النيل له قوة وخواص تشبه الغراء تماماً.

وفـــى معهد رجب للبردى استخدم الماء المرشح فالتصقت الشرائح بنفس القوة ممـــا يثبـــت أن طمى النيل الذى يحمل بواسطة ماء النيل لا يلعب أى دور لاصق وأكد (Wiedemann) رأى رجب بأن ماء النيل المرشح يعطى نفس تأثير اللاصق وظـــل تقرير بلينى به الكثير من الغموض وموضع خلاف بين العلماء هل استخدم لاصـــق أم لا عند تصنيع البردى وأصبح الرأى الغالب هو عدم استخدامه للاصق وأنه لا توجد خطوة أساسية لوضع مادة لاصقة قبل ارتباط شرائح البردى ببعضها، وحـــتى الآن العـــاملون فـــى تصنيع البردى يعتقدون أن المعالجة بماء النيل غير ضـــرورية لعمـــل أوراق الـــبردى. ورغـــم اعتراض العلماء السابقين الذكر على استخدام ماء طمى النيل كلاصق إلا إنهم لم يقوموا بفحص أو تحليل تأثير المعالجة بطمى النيل على جودة أوراق البردى وخصائصه الميكانيكية.

بمعنى أن يغمر فى تركيز عالى من طمى النيل ثم ينقل على المنضدة ويكون المـــاء حولـــه بوفرة وغزارة، وأن استخدام طمى النيل لم يكن للمعالجة فقط ولكن ذكـــر بليـــنى بوضـــوح أن طمى النيل مسئول عن قوة لصق شرائح البردى ولعل أهمـــية طمـــى النـــيل يمكن الاستدلال عليها من نص بلينى عندما ذكر أن البردى المـــنخفض الجودة يستخدم فى صنع الحبال وأن الإهمال فى المعالجة بالماء تؤدى لـــنمو الفطـــريات وبذلك فإن المعالجة بطمى النيل تعتبر مرحلة هامة من مراحل تصنيع البردى كما هو واضح من نص بلينى.

ودرس Huttermann. A وآخـــرون تأثير المعالجة بطمى النيل على شرائح الـــبردى فظهـــرت كائنات حية دقيقة (Pactinolytic microorganism) فى ذرات التربة الموجودة فى جزئيات الماء وهذه الكائنات تحلل جدر الخلايا البرنشيمية مما يـــؤدى إلى زيادة النهايات اللاصقة فى سطح جدر الخلايا، ولذلك فإن الاتحاد بين الطمى والبردى وحدة وبدون إضافات يمكن أن يعطى لاصق رئيسى.

وأظهـــرت صـــور الميكروســـكوب الإلكترونى الماسح تحت سطح الشرائح المعالجـــة بطمى النيل فكان السطح قد تحلل جزئياً بسبب الكائنات الدقيقة وبتحليل عدة مناطق على سطح الشرائح وجدت فطريات تفرز مواد دقيقة على سطح الهيفا ينـــتج عـــنها قـــوة ربط عالية أى إن المعالجة بطمى النيل فى وجود بكتريا النبات

تؤدى لقوة ميكانيكية عالية جداً للشرائح عن الأخرى التى صنعت بدون تلك المعالجة. وباختبار قوة الشد باستخدام القياس الميكانيكى للبردى الذى غمر فى طمى النيل كانت قوة الشد عالية وأفضل من البردى الذى صنع بغمره لفترة قصيرة فى الماء، مع ملاحظة أن إطالة فترة الغمر فى طمى النيل تؤدى لنقص قوة الشد للشرائح بسبب التحلل الميكروبيولوجى.

2- سائل بذور اللوتس كلاصق:

لسوء الحظ أن العرب قديما لم يعطوا أى معلومات عن تصنيع البردى فى العهد العربى، والكاتب الوحيد الذى أمدنا بمعلومات عن تصنيع البردى كان أبو عباس النباتى حيث ذكر إنه أثناء التصنيع كانوا يأخذون بذور اللوتس الزرقاء التى يتم إذابتها فى الماء ثم يوضع هذا اللاصق على الشرائح ويترك حتى الجفاف، ثم الطرق عليها بقطعة خشبية حتى يتم صقلها، وتصبح الألياف شفافة بيضاء، وكذلك استخدم العرب سائل بذور اللوتس كدواء.

3- السكريات الموجودة فى عصارة البردى:

حيث نسب جيمس بروس التصاق شرائح البردى لوجود سكريات فى تركيب النبات وعمل العديد من أوراق البردى فى كل من مصر والحبشة، وذكر أن استخدام الماء ليس أكثر من كونه مذيباً لهذه السكريات، وعند تحليل المحلول الناتج عن تعطين البردى فى الماء كان به جلاكتوز وأرابينوز المعروفة بطبيعتها الصمغية اللاصقة. والجلاكتوز والارابينوز فى عصارة النبات بمساعدة بعض الكربوهيدرات والنتروجين والبوليمرات الفينولية تقوم بلصق شرائح البردى ببعضها.

وبتحليل عصارة البردى فى معهد البردى بالقاهرة أثبت وجود سكريات مثل الزايلوز والريبوز فى المواد السكرية والنشوية اللاصقة والجلوكوز والفراكتوز كسكريات حرة فى العصارة

إلا أن ذلك ليس بالدليل على أن وجود تلك السكريات هى السبب فى التصاق شرائح البردى ببعضها عند ضغطها مع بعض. وقام رجب بإجراء تجارب أثبت خلالها أن التصاق الشرائح لا يرجع لوجود المواد اللاصقة فى تكوينه.

4- نظرية التعاشق للخلايا البرنشيمية:

- نبات البردى نبات مائى يعيش فى وسط مائى ولابد أن يغطى الماء سيقانه الأرضية (الريزومات)، والتركيب الخلوى المكون لأنسجة نبات البردى يحتوى على قنوات هوائية (Aerial ducts) ودورها توصيل الأكسجين اللازم لحياة النبات للأجزاء المغمورة منه فى الماء.

- وعــند تصنيع أوراق البردى يتم دقها وكبسها بشدة حتى تلتصق وبدون عملية الكبس يكون الالتصاق ضعيفاً أو لا تلتصق بالمرة.
- ونتيجة لعملية الدق أو الكبس تنضغط الخلايا البرنشيمية المكونة لنسيج النبات مــن إحــدى الشــريحتين إلى داخل القنوات الهوائية الموجودة فى الشريحة الأخرى والعكس بالعكس.
- وعــند جفــاف الشرائح تتكمش أنسجة النبات وبذلك تندمج أنسجة النبات فى الشريحتين ويتم التصاقها بصفة مستديمة.

ويظهــر تحت الميكروسكوب لقطاع فى ساق نبات البردى العديد من القنوات الهوائية فى تركيب نخاع البردى وهذه القنوات تكون المساحة العريضة التى تربط الأســطح عــندما تكون شرائح البردى موضوعه معاكسة لبعضها. وأصبحت هذه النظرية تسمى نظرية رجب لالتصاق الشرائح.

5- الرابط الأيدروجينى:

وهــى نظرية أخرى لارتباط الشرائح وضعها رجب 1987 وذكر أن العامل الرئيســى فى لصق شرائح البردى هو فى الحقيقة الرابط الأيدروجينى ويعتمد ذلك على الجذب الطبيعى الكيماوى (Physo. Chemical attraction) والذى يعمل على مستوى جزيئات السيليلوز ويتكون هذا الجذب أثناء تجميع الشرائح وهى مبتلة بعد درفلــتها لتكون ورقة البردى. ومن المعروف أن التركيب الجزيئى للماء (H_2O) والمــاء ســريع الاتحاد مع الكثير من المواد، وفى هذه الحال يتحول الماء إلى -H OH والأخير قطبى.

وعلــى ذلك فإن مجموعة (OH) الموجودة على سطح الألياف عندما توضع فــى الماء فإن الأيدروكسيلات المنتشرة تنجذب نحو جزئيات الماء وتتحد بجزيئاته المحــيطة بها ويسمى هذا الاتحاد بالرابط الأيدروجينى ولكن بعد استخلاص المياه أولاً بواســطة الدرفــيل العاصر وبعد ذلك بالضغط داخل المكبس بين قطعتين من اللــباد الــذى يمتص الماء أثناء الكبس ثم تغيير اللباد بآخر جاف حتى التخلص من كل الماء الموجود بالورقة، فتأخذ أيدروكسيلات أسطح الشرائح فى التقارب وبذلك تــتكون مجموعــات جديــدة من الأيدروكسيلات تعمل على ربط الشرائح ببعضها الــبعض ويــزداد الاتحــاد تماسكاً كل ازداد الجفاف بينهما. إلا إنه بتمام التصاق الشــرائح تتكون ورقة البردى ويبقى بها دائماً كمية من الماء تتراوح بين 5-10% مــن وزن الورقــة وهــذا الماء المتبقى يبقى مرتبطاً بتكوين السيليلوز ولا يمكن الــتخلص منه تماماً والدليل على ذلك إذا وضعنا ورقة من البردى الجاف فى فرن

فـــى درجة حرارة 105 5 مئوية لعدة ساعات فإنها لا تزال تحوى نسبة من الماء حوالى 1% من وزنه ولكنها فى هذه الحال تصبح سهلة التقصف.

ويلاحـــظ أن ورق الـــبردى الجاف يمتص الرطوبة بسهولة من الجو وهذا ما يسبب له التجاعيد عند تركه معرضاً للجو دون أى ضغط عليه.

والدلـــيل على أن الرابط الأيدروجينى هو السبب المباشر فى التصاق شرائح البردى أنه لو استبدلنا الماء بأى سائل آخر خالى من (OH) مثل الطولوين فإنه لا يحدث أى اتحاد بين شرائح البردى المختلفة.

6- الصمغ العربى كلاصق لشرائح البردى:

يعـــتقد موللر أن محلولاً لاصقاً خفيفاً من الصمغ العربى المذاب فى الماء كان يضاف للشرائح حتى تلتصق ببعضها وعند تحليل شنك لعينات من البردى الأثرى (برديتى إيبرس وهاريس) وكذلك تحليل عينات من البردى الحديث وجد أن العينات الحديـــثة تشـــتمل بيـــن خلاياها على كميات من مادة النشا كمادة طبيعية فى نبات البردى، ولا توجد مادة النشا فى البرديتين الأثريتين.

ولذلـــك أعـــتقد أنـــه ربما تسربت مادة النشا أثناء صنع هاتين البردتين أو أن ســـيقان الـــبردى التى صنعتا منها كانت قد قطفت وهى غضة قبل أن تتكون فيها المـــادة النشـــوية. ولكـــى تلتصق طبقتا الشرائح فإن مادة بديلة مذابة فى الماء قد أضيفت لهما وقد تكون كمية قليلة من الصمغ العربى أو من مادة بياض البيض.

7- استخدام النشا كمادة لاصقة:

رفـــض الكثـــير من العلماء فكرة استخدام قدماء المصريين لمادة النشا للصق شـــرائح البردى ببعضها، ويميل شرنى (Cerny) للاعتقاد بعدم إضافة مادة لاصقة نظـــراً لمـــا تحدثه أى مادة لاصقة كالنشا وغيره من خشونة وصلابة قد لا تسمح بمـــرونة الصـــحيفة عـــند الاســـتعمال ولكـــن بـــالفحص الميكروســـكوبى أثبت (Wiedemann) أن النشـــا قد استخدم فعلياً فى البردى المصرى القديم وعلى الأقل حتى (300 ق.م).

وبفحص عينات مختلفة من البردى القديم وجد أنها تحتوى على النشا كلاصق بيـــن طبقـــتى الـــبردى وأكد ذلك بتصوير طبقة واضحة جداً من النشا على بردية ترجع إلى (344 ق.م).وبذلك فيمكن القول أن البردى الأثرى قبل العصر المسيحى (350 ق.م) قـــد يحـــتوى على طبقة من النشا، إلا إن البرديات الصغيرة الحجم تم صنيعها بدون لاصق النشا.

ومـــن دراسة نظريات التصاق شرائح البردى ببعضها يمكن القول إن العديد مـــن العوامل تؤدى إلى التصاق الشرائح ببعضها فوجود نسبة من المواد السكرية يـــزيد مـــن قوة التصاق الشرائح ولاسيما الشرائح المأخوذة من الجزء الأسفل من الســـاق، كمـــا أن الالتصاق الفيزيائى الناتج من تعاشق وتداخل الخلايا البرانشيمية يعلـــب دوراً هامـــاً فى عملية الالتصاق بالإضافة إلى استخدام الماء خلال مراحل التصنيع (الرابط الهيدروجينى).

ثالثاً: أنواع ورق البردى :

أعطـــى (بليـــنى) فى كتابه بياناً بأبرز الأنواع من الأوراق البردية التى كانت مستخدمة فى عهده (فى النصف الأول من القرن الأول الميلادى).
وهى طبقاً لما جاء به بلينى كما يلى:

1- الورق الهيراطيقى: (Hieratic)

وكـــان يعتـــبر أجود أنواع الورق فى العهد الفرعونى حيث استخدمه كهنة المعابد فـــى الكـــتابات الدينـــية المقدسة وتقرباً للإمبراطور أغسطس (Augustus) فى العهد الـــيونانى وتغير اسم هذا النوع من الورق من الهيراطيقى إلى أغسطس، وكان عرضه ثـــلاث عشر أصبعاً، ثم ورق البردى الليفانى الذى يلى الهيراطيقى فى الجودة وينسب إلى ليفيا (Livia) زوجة الإمبراطور أغسطس، وكان أقل جودة من ورق أغسطس إلا أنه تميز عنه بأنه أكثر نعومة وأقل سمكاً، وكان من حيث العرض كالنوع السابق.

2- الورق المسرحى أو الامفيتاترى: (Amphiteatrica)

وهو منسوب إلى (مسرح) مدرج الإسكندرية التى اتخذت كعاصمة فى العصر الأغـــريقى الـــرومانى وكـــان هذا النوع من الورق يصنع بالقرب من هذا المدرج الـــرومانى الشـــهير وكان يلى النوع الهيراطيقى فى الجودة وكان عرض الصحيفة مـــنه بحجم تسع أصابع، واستطاع أحد الرومانيين ويدعى فانيوس (Fannius) من إقامـــة مصـــنعاً فى روما لإنتاج هذا النوع من الورق بعد إدخال بعض التحسينات علـــيه مـــن ابـــتكاره، فزاد فى حجمه وأجاد فى صنعه، حتى اتخذ اسمه فيما بعد وأطلق عليه (Charta Fanniana).

3- أنواع أخرى أقل جودة:

بالإضـــافة للأنـــواع الســـابقة مـــن الأوراق البردية التى أنتجت فى العهدين الفـــرعونى والأغريقى، فقد ذكر (بلينى) أنوع أخرى أقل جودة، ربما كانت ملائمة مع حاجة القطاعات العريضة من الشعب، منها:

أ – الورق الصاوى: (Charta Saitica)

نسبة إلى (Saiis) صالحجر حيث كانت تعد عاصمة للإقليم الخامس من أقاليم الوجـــه البحرى، وكان ينتج هذا النوع بكميات كبيرة، ولكن من شرائح وأنواع من البردى أقل جودة.

ب– الورق الطانى: (Charta Taenotica)

نســبة إلى ضاحية Taenea (طانيا) وتقع غرب الإسكندرية، ويبدو أنها كانت امـــتداداً لبحـــيرة مـــريوط، وكان ينمو فيها البردى فى ذلك الحين، ويقال أن ذلك الصنف من الورق يصنع من شرائح البردى الأقرب إلى القشرة، وهى أسمك وأقل مـــرونة مـــن سائر الأنواع السابقة الذكر وكان يباع بالوزن خلافاً للأنواع الأخرى التى كانت تباع بالصنف.

ويذكـــر (بلينى) بأن عرضه كان أقل من عرض الورق الامفيتاترى الذى كان عرضه تسع أصابع، فيمكن أن يكون عرضه من ست إلى ثمان أصابع.

ج– الورق الامبورتيكى: (Charta Emporitica)

وهـــذا النوع لم يكن مستخدم للكتابة ولكن استخدم كورق تغليف للبضائع التى كانت تباع فى الأسواق وكان عرض هذا الورق ست أصابع وكان يباع بالوزن.

رابعاً: أحجام أوراق البردى :

1– فى العصر الفرعونى:

ظهـــرت أوراق الـــبردى في شكل صفحات قصيرة مستقلة أو لفائف مطوية طويلة ويكون حجمها حسب مقتضيات موضوعها فإذا كانت صكوكاً أو اشتراطات كانـــت قصـــيرة وإذا كانـــت موضوعات أدبية من الحكم أو القصص أو الشعر أو موضوعات علمية من الطب أو الصيدلة أو السحر كانت لفافة طويلة وفى العصور الفرعونـــية كـــان أقصى ارتفاع معروف لصفحات البردى هو 47سم وقد كان هذا الـــنوع مـــن الصـــفحات الكبـــيرة مخصصاً لكتابة الموضوعات القضائية وبعض الأعمـــال الحســـابية، كمـــا كان مخصصاً لكتابة نسخ كتاب الموتى بما تحويه من فصـــول وصيغ ومناظر دينية، وبالنسبة لأحجام صحائف البردى فى الدولة القديمة فقـــد اتصـــفت بقصرها وتراوحت ارتفاعاتها ما بين (21–27.5) سمأما البرديات المتبقية من الدولة الوسطى فتنحصر ارتفاعاتها ما بين (6–33)سم.

وكانـــت أكثر الأطوال شيوعاً فى الدولة الوسطى 32سم حيث كانت تقسم إلى جزيئيـــن كل منها طوله 16 سم وذلك عند كتابة بعض الموضوعات الأدبية عليها،

ومنها قصة سنوهى وقصة القروى الفصيح إلا إنه وجدت أطوال قصيرة للبرديات تتراوح بين (6–9)سم مثل بردية موسكو الرياضية وارتفاعها 8سم وأناشيد وتيجان الملك المحفوظة بموسكو ويبلغ ارتفاع صفحاتها 7سم.

أمـــا فى الدولة الحديثة فقد امتازت صفحات البردى بأقصى ارتفاع معلوم لنا فـــبردية جرينفـــيلد المحفوظة فى المتحف البريطانى وهى إحدى كتب الموتى يبلغ طـــول صـــفحاتها (47–48)سم، ويلاحظ أن هذا الارتفاع كان يستخدم فى بعض النسخ المتبقية من كتاب الموتى وهو ما كان يكتفى بوضعه مع المتوفى دون حاجة إلـــى اســـتعماله مرة أخرى ومن ثم فلا يهم إن كانت صفحاته ذات ارتفاع مناسب يســـمح بتداوله أم أنها غير ذلك إلا إنه وجدت بعض البرديات فى عصر الرعامسه تراوحت صفحاتها بين (19.5–19)سم غير ما تقدم هناك برديات ارتفاع صفحاتها 12ســـم وربمـــا يرجع السبب فى ذلك إلى تقسيم الصفحات الكاملة إلى أنصاف أو أرباع أو استخدام هذه الأجزاء فى ملفات يناسب موضوعها هذا الارتفاع.

وبالنسبة لأحجام أوراق البردى فى العصر القبطى فقد استخدم فى طيبة لكتابة الرسائل والوثائق بأحجام مختلفة (18.5 × 33)سم وأحجامه فى مجموعات برديات باريس (18 × 37.5)سم وفى بعض الأحيان (21 × 34)سم.

2– أحجام ورق البردى فى العصر الإسلامى:

يـــبدو أن مقادير الأوراق البردية لم تختلف عما كانت عليه الأوراق اليونانية، يتراوح عرض الأوراق البردية بين 12.6، 36.3سم، كما يتراوح طولها بين 30، 58سم، وقد يصل إلى 75 سم.

وكانـــت مصـــانع البردى تنتج ورق البردى فى شكل إدراج، إذا بيع بالتجزئة فـــإن أصغر وحدة هى سُدس درج، وقد ذكر فى أوراق البردى ثلث وثلثى ونصف الدرج بالإضافة إلى الدرج الكامل، وكان الدرج يتكون من أوصال تلصق معاً بأن تغطى الحافة اليمنى للوصل بالحافة اليسرى للوصل الذى يليه، وكان الالتصاق يتم بمهـــارة كبيرة بحيث لا يمكن تمييزه. ويبدأ لف الدرج من أخر وصل فيه، وينتهى بـــالأول الذى يسمى الطراز(*) الذى يلف الدرج من خارجه ليحفظه، وقد كان يلف على الدرج شريط من البردى يتراوح عرضه بين 1.7 و6.8سم، وأحياناً كان يلف الـــدرج بلفـــة من الرق؛ وذلك تقوية للجزء الخارجى حيث أن البردى مادة هشة،

* وقد أطلق لفظ طراز أخيراً على الكتابة التى كانت تكتب على درج البردى فى الدار التى تصنع فيها أوراق البردى، ويطلق عليها اسم "الطراز".

وكانــت هــذه الأدراج تحفظ فى وعاء زجاجى أسطوانى الشكل، وتحفظ الأدراج الصغيرة فى جرار فخارية لتجنب الرطوبة.

خامساً: مقياس جودة أوراق البردى :

يلاحــظ أن هناك فرقاً واضحاً بين ورق البردى المكتشف من عهد الأسرات والــذى يتمــيز بجودة واضحة وبين أوراق البردى المكتشفة من العصر الإغريقى الــرومانى أو البــيزنطى أو العربى، حيث نلاحظ أن أوراق البردى فى العصور الأخــيرة تقــل كثيراً فى الجودة إذا ما قارناها بتلك المكتشفة من قبل ذلك. ويرجع رجــب ســبب تفوق البردى المصنع فى عهد الأسرات إلى أنه كان ينمو فى ذلك العهد فى المستنقعات والأراضى التى تغمرها المياه فى الجهات المختلفة من وادى النــيل، وهــذه المناطق أخصب تربة من المناطق الشمالية من الدلتا- وخصوصاً المحــيطة بالإسكندرية حيث تؤثر المياه المالحة المتسربة من البحر المتوسط على خصــوبة الأراضـــى والتى كانت بطبيعتها تفتقر إلى طمى النيل نظراً لبعدها عن مــناطق الفيضــان الــذى يكسب الأرض الخصب، وفى العصر الإغريقى انتقلت العاصــمة إلــى الإســكندرية وأصبحت صناعة الورق حكراً للدولة، ولكى تحكم قبضتها على هذه الصناعة أمرت باقتلاع نبات البردى من جميع المستنقعات النائية والــتى لا يتســنى للدولــة التحكم فيها. وتركيز الزراعة فى المناطق القريبة من الإســكندرية، فأدت ذلك إلى تدهور البردى وتدهور نوع الورق المنتج منه. وفيما يلى نوضح مقياس الجودة لورق البردى التى ذكرها بلينى:

1- الرقة فى السمك (Fineness)

أى يكــون الورق رقيقاً يسهل طيه على شكل لفافة وإعادة فتحه بسهولة دون تعريضــه للكســر أو الــتلف، ويمكــن التحكم فى رقة السمك عند تقطيع السيقان لشرائح، وسيقان البردى التامة النضج هى التى يمكن تقطيعها لشرائح رقيقة وتعتبر الدرفلــة والتجفــيف من أهم مراحل التصنيع التى تؤثر فى سمك ورق البردى كما يختلف السمك باختلاف الجزء من الساق الذى تم التصنيع منه

2- المتانة (Stoutness)

وهى أن يكون الورق قوياً ويقاوم عوامل التآكل والتلف نتيجة الشد أو الضغط أو الثنى.

3- البياض أو النصاعة (Whiteness)

يعتقد أنها كانت فى الأصل بيضاء أو قريبة من ذلك إلى حد كبير ويدلل على

ذلك المؤرخ (Tibulus) عند وصفه لهذا الورق بأنه أبيض، إلا أن البردى الذى يتم العثور عليها من الحفائر تتفاوت ألوانه بين الأبيض أو الكريمى إلى اللون البنى، وقد سبق تفسير الأسباب التى تؤدى إلى اللون البنى فى أوراق البردى.

4- نعومة السطح (Smoothness)

ذكر بلينى أن نعومة السطح كانت تتحقق بإمرار قطعة من محار الصدف أو العاج فوق سطح الورق الذى يكتسب بهذه العملية نعومة ولمعاناً.

ومن الطبيعى أنه كلما زاد السطح نعومة كان من السهل الكتابة عليه، ولكن لمعان سطح الورق يمنعه من امتصاص الحبر بسهولة ويساعد على انزلاق الحبر على الجانبين.

ذكر بلينى أنه يتم تنعيم الخشونة بواسطة قطعة من العاج أو الصدف، ولكن هذا يجعل الكتابة تميل إلى البهتان، فإعطاء لمعان للورقة بهذا الشكل لا يجعلها تستقبل الحبر بشكل جيد، وإن كان يجعل سطحها أكثر لمعاناً، وتؤدى عملية الترطيب Damping Process التى تطبق بدون عناية إلى صعوبات فى الكتابة فى البداية، والتى يمكن التحقق منها من خلال طرقه بالمطرقة أو حتى رائحة العفن إذا كانت العملية قد طبقت بشكل أكثر إهمالاً.

بصفة عامة لم يستخدم لاصق بين الشرائح للصقها بعضها ببعض، والحالة الوحيدة التى استخدمت فيها مادة لاصقة هى لصق حواف الأفرخ معاً بلاصق لعمل كتاب أو لفافة البردى التى كانت تحتوى على عشرين فرخ فى الفترة اليونانية الرومانية.

واستخدم رجب الصمغ العربى المستورد من السودان للصق الأوراق معاً لتكوين اللفة Scroll ويرجح أن المصريين القدماء قد استخدموه للغرض ذاته.

ورغم أهمية تقرير بلينى إلا أنه مازال يثير اهتماماً وجدلاً حتى اليوم لأنه لم يفهم أحد عمليات صناعة البردى على نطاق واسع من خلال وصفه، ولكن رغم الانتقادات الموجهة إلى بلينى سوف يظل عمله فى تاريخ البردى مرجعاً مميزاً.

سادسا: تزوير أوراق البردى :

عند دراستنا لبعض مجموعات البردى فى بعض المتاحف لتحديد أسباب تلفها والعمل على علاجها والتغلب عليها وجدت بعض البرديات التى يصعب من البداية تحديد ما إذا كانت هذه الأوراق مصنعة من النبات المصرى الشهير Cyperus papyrus إلا بعد الفحص الدقيق لها.

وقام المؤلف بهذه الدراسة لتحديد أوجه الاختلاف بين الأوراق المصنعة من نبات البردى وبين الأوراق المصنعة من أنواع مختلفة من النباتات مثل نبات (سمار الحلو) Cyperus alopecuroides وذلك باستخدام طرق الفحص الميكروسكوبى.

أولاً: تصنيع الأوراق "Sheets fabrication":

وذلك باستخدام نخاع ناضج من النباتات التالية:

1- نبات البردى Cyperus papyrus, Papyrus plant.
2- نبات السمار الحلو Cyperus alopecuroides fox-tail sedge
3- نبات الذرة الشامية Zea mays, Maize
4- نبات قصب السكر Saccharum officinarum, Sugar cane
5- نبات الموز Musa nana, Banana

خطوات التصنيع(*) - كما قام بها المؤلف:

1- تقطيع أجزاء من سيقان النباتات سابقة الذكر بعد إزالة قشرتها الخارجية باستخدام سكينة حادة.
2- يقطع النخاع طولياً لشرائح يتراوح سمك كل شريحة من 3 : 4مم.
3- إمرار الشرائح بين درفلين (استخدمت آلة الدرفلة الآلية).
4- غمر الشرائح فى حوض ماء حتى تكتسب الشرائح مرونة وينتشر الماء خلال الخلايا البرنشيمية.
5- بالنسبة لشرائح نبات الذرة وقصب السكر والموز يمكن تكرار عملية الدرفلة أكثر من مرة مع الأخذ فى الاعتبار غمر الشرائح قبل كل عملية فى الماء لمدة 24 ساعة على الأقل.
6- تقطع الشرائح حسب طول وعرض الورقة المطلوبة، ولكن مع نبات قصب السكر والذرة الشامية لابد أن يكون طول الشرائح بنفس طول السلاميات الموجودة فى الساق (internodes).
7- وضع طبقة من اللباد على منضدة مغطاة بطبقة من قماش القطن.
8- ثم وضع الطبقة الأولى من الشرائح وتبدأ عملية رص الشرائح من أعلى أفقياً بنفس الطول الذى يجب أن يكون عليه طول الورقة فى النهاية، والشريحة الثانية تشبه الأولى توضع موازية لها مع مراعاة الرص المتراكب

---

* تمت عملية التصنيع بمصنع البردى بالقرية الفرعونية، وتم التصنيع طبقاً لنظرية الشرائح Strips method.

(overlapping) بحيـــث يحـــدث تداخل بين الشريحتين بمقدار 2مم وتستمر العملية كذلك حتى نصل إلى عرض الورقة المطلوب

9- الطـــبقة الثانـــية من الورقة تكون من الشرائح المقطوعة بالعرض المطلوب للورقـــة وتوضع من اليمين إلى اليسار فوق الطبقة الأولى بنفس التداخل بين كـــل شريحة والأخرى وتكون متعامدة على الطبقة الأولى ثم تغطى الطبقتان من الشرائح بطبقة من قماش القطن.

10- توضع جميع الأوراق التى تم تصنيعها من النباتات السابقة تحت المكبس حتى الجفاف

وبهـــذه الطريقة تم الحصول علىٍ أوراق قريبة الشبه من نبات البردى وجميع الأوراق كانت متماسكة وملتصقة طبقاً للارتباط الكيميائى والفيزيائى.

وفيما يلى جدول يوضح خصائص الورق المنتج وجودته:

جدول (4) خصائص الأوراق المصنعة (Characters of paper sheets)

	ورق البردى Cyperus papyrus sheet	ورق السمار Cyperus alapecuroids sheet	ورق الذرة Zea mays sheet	ورق القصب Saccharum officinarum sheet	ورق الموز Mussa paradisians sheets
ى F	رقيق مرن يسهل طيه بسهولة فى هيئة Rolls كما يمكن إعادة فتحه بسهوله	رقيق ولكنه أقل مرونة من ورق البردى ويمكن طيه بصعوبة	صلبة غير مرنة سميكة لا يمكن لفها	صلبة غير مرنة سميكة لا يمكن لفها	رقيق واقل مرونة من البردى ويمكن طيها بصعوبة
س (ة	ذات لون فاتح يتراوح بين الأصفر إلى البنى الفاتح مع تعدد الدرجات اللونية فى الفرخ الواحد، أهم ما يميزه الريجة regs وتظهر بوضوح فى ضوء الشمس	ذات لون فاتح مع تجانس لونى فى الفرخ الواحد (أبيض كريمى) لا يوجد Regs	يميل إلى اللون الأخضر بدرجاته الفاتحة، الورقة غير متجانسة لونيا لا يوجد Regs	لونها أصفر أو بيج لا يوجد Regs	لونها أصفر قريب الشبه جداً من ورق البردى مع عدم التجانس اللونى فى الفرخ الواحد لا يوجد Regs
ح	سطح البردى ناعم أملس يمكن الكتابة والرسم عليه بسهولة	السطح ناعم وله بريق يمكن الكتابة والرسم عليه بسهولة	السطح خشن وأليافه سميكة	السطح خشن وأليافه سميكة	السطح ناعم يمكن الكتابة عليه بسهولة.
نة	الورق قوى له القدرة على مقاومة الشد أو الضغط أو الثنى	الورق قوى له القدرة على مقاومة الشد والضغط ويثنى بصعوبة	ضعيف فى مقاومته للشد والثنى	ضعيف فى مقاومته للشد والثنى	مقاومته جيده للشد والثنى والضغط
ح ها	الشرائح عريضة قوية الالتصاق ببعضها	الشرائح عرضها أقل من البردى بسبب صغر قطر الساق الارتباط قوى بين الشرائح	الالتصاق جيد بين الشرائح طول الشرائح قصير وذلك مرتبط بطول العقد inter nods	الالتصاق ضعيف بين الشرائح طول الشرائح قصير مرتبط بطول العقد inter nods	الشرائح عريضة قوية الالتصاق ببعضها
(	+++ High quality عالى الجودة	++ best quality جودة جيدة	- low quality منخفض الجودة	- low quality منخفض الجودة	+ moderate quality متوسط الجودة

يوضـــح جدول (4) الخصائص المميزة للأوراق المصنعة من النباتات قيد الدراســـة، حيـــث يلاحـــظ أن الأوراق المصنعة من سيقان نبات البردى تتميز بـــالجودة العالية من حيث الرقة فى السمك واللون الفاتح (بين الأصفر والبنى)، والمـــتانة والقـــدرة على مقاومة الشد أو الضغط، ويمكن طيه بسهولة فى هيئة لفـــائف وسطح الأوراق ناعم أملس يمكن الكتابة والرسم عليه بسهولة. وتتميز الأوراق المصنعة من سيقان سمار الحلو وأوراق الموز بجودة متوسطة أو جيدة حيـــث تتميز بالمتانة والمرونة والقدرة على مقاومة الشد أو الضغط، ولا يمكن طيه فى هيئة لفائف بسهولة مثل البردى ويتميز بسطح أملس ناعم يمكن الكتابة والرســـم علية بسهولة. كما يلاحظ أن الأوراق المصنعة من سيقان نبات الذرة الشـــامية والأوراق المصـــنعة مـــن سيقان نبات قصب السكر بجودة منخفضة، وتتميز بسطحها الخشن الذى لا يمكن الكتابة أو الرسم عليه بسهولة، ضعيفة فى مقاومـــتها للشـــد والضغط ويصعب طيها فى هيئة لفائف. ويمكن أن نربط بين جـــودة الأوراق والمـــتانة بقوة التصاق الشرائح ببعضها حيث نجد أن التصاق الشـــرائح قـــوى فـــى الأوراق عالـــية الجودة أو المتوسطة الجودة مثل أوراق البردى، وأوراق سمار الحلو، وأوراق الموز، أما الأوراق المصنعة من سيقان الـــذرة الشامية وقصب السكر فنجد أن التصاق الشرائح ببعضها ضعيف ولذلك فهى منخفضة الجودة.

ثانياً: التركيب التشريحى:

تم تجهيز قطاعات رقيقة (طولية وعرضية) بسمك يتراوح بين 30−50 مم ميكرون وتصبغ صباغة مزدوجة بصبغة السفرانين والأخضر الضوئى. ويعقب عملـــية الصباغة التخلص من المياه من خلال خليط من الكحول والزيلول كما يـــتم إحـــداث الشفافية للقطاعات بغمرها فى زيت القرنفل وتحفظ فى مادة كندا بلـــزم.

التركيب التشريحى

جدول (5) الصفات المميزة للألياف والنسيج الأساسى للأنواع قيد الدراسة فى القطاعات العرضية

الصفة	البردى	السمار الحلو	الذرة الشامية	القصب	الموز
مجموعة ألياف تحت البشرة	دائرة الشكل	بيضية الشكل	مستطيلة الشكل	غير موجودة	دائرية الشكل
غلاف الحزمة الوعائية	يحيط بالحزمة الوعائية مكوناً غلافاً سميكاً خاصة أعلى وأسفل الحزمة	يحيط بالحزمة الوعائية مكوناً غلافاً سميكاً أسفل الحزمة الوعائية فقط	يحيط بالحزمة الوعائية مكوناً غلافاً سميكاً وعريضاً أعلى وأسفل الحزمة الوعائية	يحيط بالحزمة الوعائية مكوناً غلافاً سميكاً وعريضاً أسفل الحزمة الوعائية	يحيط نطاقين منفصلين أعلى وأسفل الحزمة الوعائية
سمك خلايا الألياف	2/1 التجويف الوسطى للخلية	3/2 التجويف الوسطى للخلية	4/1 التجويف الوسطى للخلية	2/1 التجويف الوسطى للخلية	4/1 التجويف الوسطى للخلية
النسيج الأساسى	يتكون من برانشيمة هوائية شريطية الشكل ذات تجاويف كبيرة	يتكون من برانشيمة هوائية شريطية الشكل ذات تجاويف كبيرة	يتكون من برانشيمة هوائية لا يوجد بينها تجاويف هوائية	يتكون من برانشيمة هوائية لا يوجد بينها تجاويف هوائية	يتكون من برانشيمة هوائية نجمية الشكل

يوضح جدول (5) صفات الألياف والنسيج الأساسى لأجزاء النبات المستخدمة فى صناعة الورق للأنواع قيد الدراسة ويلاحظ أن نبات البردى وسمار الحلو يتميزان بغلاف من خلايا ألياف سميكة الجدر يتراوح سمك الجدر بين 2/1 – 3/2 من التجويف الوسطى للخلية كما يحيط بالحزمة الوعائية غلاف مستمر من خلايا الألياف.

كما يلاحظ فى نبات الذرة والقصب أن النطاق (الغلاف) المحيط بالحزمة الوعائية يتكون من عدد من خلايا الألياف رقيقة الجدر نسبياً حيث يتراوح سمك

الجدار بين 2/1 4/1 التجويف الوسطى للخلية كما يتميز النطاق المحيط بالحزمة الوعائية فى نبات القصب بالاستطالة.

ويتميز غمد الورقة فى نبات الموز بعدم اكتمال النطاق حول الحزمة ويقتصر وجوده فى هذه الحالة على مجموعتين من خلايا الألياف رقيقة الجدر (4/1 التجويف الوسطى للخلية)، تكون إحداهما فوق الحزمة والأخرى أسفلها.

ويتميز النسيج الأساسى فى نبات البردى والسمار الحلو بأنه مكون من برنشيمة هوائية شريطية الشكل تفصل بينها فجوات هوائية واسعة ويتكون النسيج الأساسى فى كل من القصب والذرة الشامية من خلايا برانشيمية بينهما مسافات بينيه ضيقة بينما يتكون النسيج الأساسى فى الأغلفة الحزمية للموز من برانشيمة هوائية نجمية الشكل.

جدول (6) العلاقة بين الصفات التشريحية
ونوعية الورق المصنع من النباتات قيد الدراسة

اسم النبات	درجة الجودة	الصفات التشريحية المميزة
البردى	عالى الجودة	يتكون الغلاف الحزمى من عدد قليل من خلايا الألياف ذات جدر سميكة، كما يتكون النسيج الأساسى من برانشيمة هوائية ذات فراغات متسعة
السمار الحلو	جيد	
الذرة	ردىء	يتكون الغلاف الحزمى من ألياف ذات جدر رفيعة نسبياً وتكون الألياف نطاقان فوق وأسفل الحزمة، كما يتكون النسيج الأساسى من برانشيمة عادة بينهما مسافات بينية ضيقة
القصب	ردىء	
الموز	متوسط الجودة	يتكون الغلاف الحزمى من ألياف ذات جدر متوسطة السمك بينما يتكون النسيج الأساسى من برانشيمة هوائية نجمية الشكل.

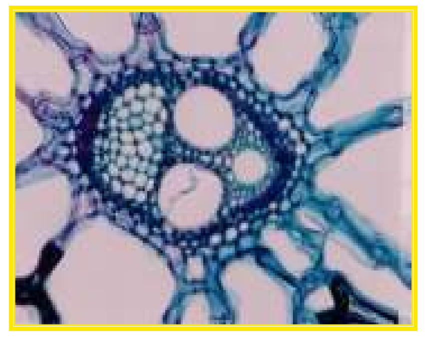
يوضح جدول (6) العلاقة بين نوعية الورق المصنع من سيقان النباتات قيد الدراسة والصفات التشريحية المميزة لهذه الأجزاء، ويلاحظ تميز الأنواع التى تصنع منها أوراق عالية الجودة أو جيدة (البردى السمار الحلو) بنسيج أساسى يتكون من برانشيمة هوائية شريطية الشكل تكون بينها مسافات بينية واسعة. كما أن الغلاف الحزمى يتكون من عدد قليل من خلايا الألياف سميكة الجدر. ويتكون النسيج الأساسى فى الأنواع التى يصنع منها أوراق قليلة الجودة (مثل الذرة الشامية

والقصب) من برانشيمة عادية بينها مسافات بينية ضيقة كما يعزى رداءة الأوراق المصنعة من خامات هذين النوعين إلى وجود أغلفة حزمية مكونة من عدد كبيرة من الألياف رقيقة الجدر والتى تتسبب أيضاً فى تقصف هذه الأوراق.

وتنتج أغمدة أوراق الموز أوراقاً متوسطة الجودة ويعزى هذا إلى تكون الأغلفة الحزمية من ألياف رقيقة الجدر بالإضافة إلى أن النسيج الأساسى يتكون من برانشيمة هوائية نجمية الشكل.

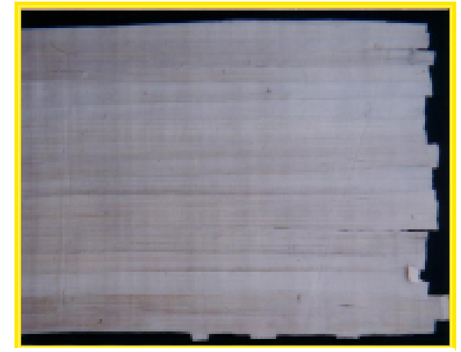


ورقة مصنعة من نبات البردى

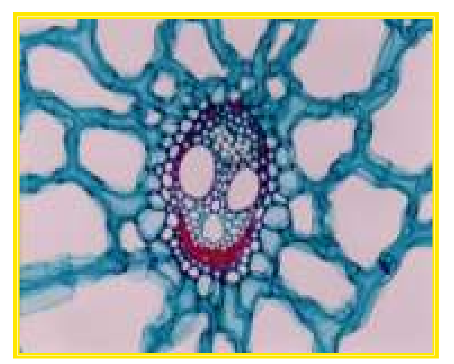


حزمة وعائية محاطة ببرانشيمة هوائية- قطاع عرضى فى نبات البردى

صورة رقم (68)



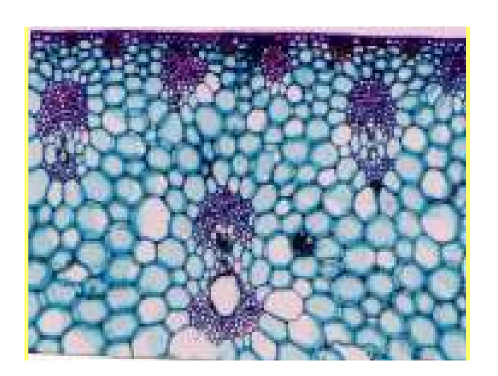
ورقة مصنعة من سيقان نبات سمار الحلو



قطاع عرضي فى ساق سمار الحلو موضحا حزمة وعائية محاطة ببرانشيمة هوائية ذات تجاويف كبيرة

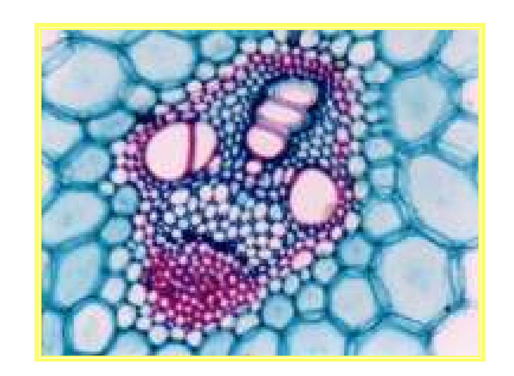
صورة رقم (69)



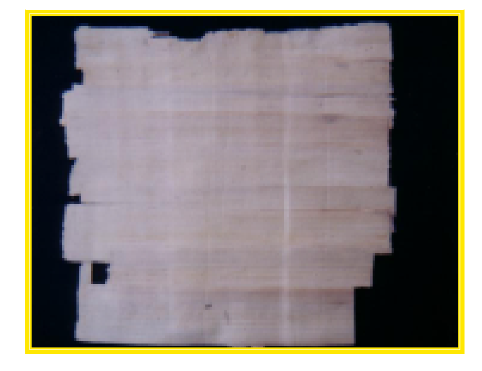


صورة رقم (70)





صورة رقم (71)





صورة رقم (72)

٤

الفصل الرابع
عوامل تلف البردي

أولاً: عوامل التلف الطبيعية
ثانياً: عوامل التلف الكيميائية
ثالثاً: عوامل التلف البيولوجى
رابعاً: الإتلاف البشرى
خامساً: تلف بردى الكارتوناج والبردي المتحجر

الفصل الرابع
عوامل تلف البردى

ممـــا لا شـــك فـــيه أن البردى كمادة عضوية يتأثر بالعديد من عوامل التلف الطبيعـــية مـــثل الضوء والرطوبة الحرارة، وعوامل التلف الكيميائية سواءً كانت خارجـــية مـــثل غازات التلوث الجوى أو داخلية مثل المواد التى تدخل فى تركيب الأحـــبار والألـــوان وكذلك عوامل التلف البيولوجية بالإضافة إلى الإتلاف البشرى والـــتلف الـــناتج عـــن عـــيوب عملية التصنيع، وهذه العوامل جميعها تضعف من خواص البردى، فقد يكون التلف نتيجة لأحد العوامل فقط أو لعوامل عديدة مجتمعة معاً لإحكام دائرة التلف. وتعتبر دراسة عملية التلف جزءاً هاماً من عملية الصيانة فهى تمثل الحماية الفعلية التى يمكن الأخذ بها.
وفيما يلى دراسة لأهم العوامل المتلفة للبردى:

أولاً: عوامل التلف الطبيعية :

1- الضـــوء :

الضـــوء مـــن الأسباب الرئيسية التى تسبب تلف المواد العضوية والمقتنيات الثقافـــية داخـــل المتاحف والمكتبات، ويعد الضرر الناتج عند التعرض لمستويات إضـــاءة عالية ضرراً تراكمياً يظهر تأثيره بوضوح بمرور الوقت ويكون ذا طبيعة غـــير اســـترجاعية. ويتكون الضوء من ثلاث مستويات مختلفة فى الطول الموجى كما يلى:

الأشـــعة فوق البنفسجية (UV)، والضوء المرئى (VL)، والأشعة تحت الحمراء (IR) وهـــى جميعها موجات كهرومغناطيسية لها تأثير على البرديات مماثل لضربها بالمطـــارق أو تخـــريمها أو تعريضـــها للمـــاء. والضـــوء عـــبارة عـــن موجات كهرومغناطيســـية توصـــف هـــذه الموجات حسب طول موجاتها بوحدة الانجستروم (انجستروم = 10-10 متر) أو النانومتر (10-9 متر) أو الميكرون (10-6 متر).

الإشعاعات الضوئية وتأثيرها:

وتنقســـم الإشعاعات الضوئية التى تقع على مقتنيات المتاحف إلى ثلاثة أنواع حســـب طـــول موجة الضوء الساقط عليها وهى الأشعة فوق البنفسجية – الضوء المـــرئى – الأشـــعة تحـــت الحمراء، وتكمن خطورة تلك الإشعاعات على أوراق

البردى فى أنها لا تقتصر على التغير اللونى السطحى بل يتعدى التلف ذلك ليصل إلى التركيب البنائى الداخلى للمادة حتى يضعف من متانتها.

أ – تأثير الأشعة فوق البنفسجية:

– الأشعة فوق البنفسجية البعيدة: تتراوح أطوالها الموجية من (3000 : 3400 انجستروم) وهى التى تقوم بعملية التحلل الضوئى Photolysis لألياف السيليلوز وتسبب إضعافها وذلك بتكسير الجزئيات الكبيرة للسيليلوز تكسيراً مباشراً ولأن هذه الجزئيات هى سبب متانة الألياف فإن تكسرها لجزئيات أصغر بتكسير الروابط الكيميائية التى تربط ذرات السلسلة بعضها ببعض فإن ذلك يسبب إضعافاً شديداً فى الأنسجة. ويمكن تعريف التحلل الضوئى بأنه تفاعل كيميائى يحدث عندما يمتص السيليلوز كمية كافية من الضوء ذا الطول الموجى القادر على كسر الرابطة الكيميائية، وينتج عنه إصفرار فى لون أوراق البردى.

– الأشعة فوق البنفسجية القريبة: تتراوح أطوالها الموجية من (3400–4000 انجستروم) وينتج عنها ما يسمى بالوهن الضوئى Photosynthesis Degradation والطاقة المتولدة عن هذه الموجات غير كافية لكسر الروابط بين ذرات الجزئيات الكبيرة من مكونات الألياف إلا أن التلف يستمر بصفة غير مباشرة نتيجة للتعرض المستمر للضوء وينتج عن الوهن الضوئى ضعف فى قوة الشد، وبدراسة التقادم المعجل للورق بالأشعة فوق البنفسجية وتأثيرها على اللجنين أظهرت النتائج حدوث تكسير بوليمرى للسيليلوز والهيميسيليلوز أعقبه تكون روابط هيدروجينية بين جزيئية نتيجة لإعادة انتظام كيميائى وانعكست تلك التأثيرات فى انخفاض قوة الشد وانخفاض ملحوظ فى تحمل الورق للطي، وكذلك تؤدى إلى تحلل اللجنين المصاحب للسيليلوز وتحوله إلى أحماض غير ضارة.

ب– الضوء المرئى (4000–7600 انجستروم):

السيليلوز بصفة عامة لا يمتص الضوء المرئى لأن طاقة الضوء تنخفض كلما كبر موجة الإشعاعات الضوئية ومعدل التلف يزداد كلما قصر طول الموجة والضوء المرئى يسبب تلف البردى خاصة إذا سقطت عليه مكونات الضوء ذا الموجة القصيرة مثل الأزرق والبنفسجى.

ج– الأشعة تحت الحمراء:

هى أشعة غير مرئية ويبلغ طول موجاتها أكثر من 7600 انجستروم، والأشعة تحت الحمراء تؤدى بمرور الوقت إلى سلسلة من التفاعلات المعقدة التى

تؤدى فى النهاية إلى ضعف الألياف، وتقاس مدى الأشعة تحت الحمراء بالاستدلال عليها بوضع اليد فى اتجاه مصدر الإضاءة أو باستخدام ترمومتر مدرج.

العوامل التى يتوقف عليها التلف بالضوء:

تتوقف عوامل التلف بالضوء على شدة الإضاءة ومصدرها سواء كانت من مصدر طبيعى أو صناعى، وكذلك على مدة التعرض ودرجات الحرارة والرطوبة، فمعدل التلف بالضوء يزيد فى حالة الرطوبة النسبية المرتفعة، وفى حالة ارتفاع درجات الحرارة يكون التأثير مضاعفاً مع الضوء حيث أن الطاقة الضوئية تتحول إلى طاقة حرارية. ويتوقف كذلك التلف بالضوء على حساسية المواد وعلى وجود ملوثات هوائية من عدمه، بالإضافة إلى سمك أوراق البردى والمركبات غير العضوية الداخلة فى تركيب أوراق البردى.

طرق الحماية من التأثير المتلف للضوء:

لتلافى الضرر الناتج من الضوء على البرديات يتم استبعاد الأشعة تحت الحمراء التى ينتج عنها درجات حرارة مرتفعة وكذلك استبعاد الأشعة فوق البنفسجية والموجات القصيرة من الضوء المرئى وذلك بوضع حواجز للأشعة الضارة على زجاج النوافذ وتعطى مرشحات الضوء بعض الحماية تجاه الضرر الناتج من الضوء و50 لوكس هو معدل الإضاءة الآمن داخل المتاحف لعرض البرديات. تقليل مدة تعرض البرديات للضوء ولا يجب أن يتعدى زمن عرض القطع الحساسة للضوء عن ثلاثة شهور خلال السنة.

ويجب أخذ الاحتياطيات التالية للمحافظة على البرديات وحمايتها من التأثير المتلف للضوء:

1- استخدام شدة إضاءة مناسبة ومأمونة بحيث يتم توفير الحد الأدنى من شدة الإضاءة اللازمة لعرض هذه المقتنيات.

2- تقليل مدة تعرض هذه القطع الحساسة للضوء، ويتم ذلك كما يلى:

أ - وضع ستائر مانعة للضوء على نوافذ شبابيك قاعة العرض يتم فتحها عند اللزوم والاستعانة بالمرشحات على زجاج هذه الشبابيك.

ب- إطفاء أنوار قاعات عرض هذه المواد عند عدم وجود زائرين واستخدام مفاتيح إضاءة تغلق ذاتياً عند خلو القاعة.

ج- عرض القطع الحساسة للضوء بشكل غير دائم وتخزين البرديات فى أماكن مظلمة.

القيم المسموح بها حسب توصيات المركز الدولى لحفظ وصيانة المقتنيات الثقافية (ICCROM):

- الأشعة تحت الحمراء: إيقاف كامل عن طريق المرشحات.
- الأشعة فوق البنفسجية: أقل من 75 ميكرواط / ليومان (وحدة قياس الأشعة فوق البنفسجية) عن طريق الحاجز.
- الإضاءة المرئية: أقل من 50 لوكس عن طريق مقلل شدة التيار.

ويجب منع لمبات الفلاش فى آلات التصوير، كما يوصى بألا يزيد معدل الإضاءة تحت المتاحف عن 50 لوكس ولفترات قصيرة من الوقت حوالى 6 أشهر من السنة.

2- الرطوبة النسبية:

وهى كمية الرطوبة المتواجدة فى حجم معين من الهواء عند درجة حرارة معينة، والبردى من المواد السيليلوزية ذات الخواص الهيجروسكوبية، لذلك فهو ذو قابلية لامتصاص الماء من البيئة المحيطة، وبالتالى فإن محتواها المائى غير ثابت، ويتغير بتغير الرطوبة النسبية المحيطة، ولذلك تنتفخ الألياف عند امتصاصها للرطوبة وتنكمش عند فقدها لها، ويصاحب ذلك تغير فى أبعاد أوراق البردى عندما تميل لتحقيق حالة الاتزان بين المحتوى المائى الداخلى والبيئة المحيطة، ومما لا شك فيه أن قليلاً من الرطوبة مفيد ولازم لحفظ مرونة أوراق البردى أما الرطوبة الزائدة أو المنخفضة فلها أضرار عديدة على أوراق البردى كالتالى:

2-1 تأثير ارتفاع الرطوبة النسبية العالية على أوراق البردى:

أوراق البردى لها قابلية كبيرة لامتصاص جزئيات الماء من الأجواء المحيطة بها وتعتمد كمية الماء الممتصة بالألياف السيليلوزية ليس فقط على الرطوبة النسبية فى الجو ولكنها تعتمد كذلك على درجة حرارة الهواء المحيطة بها، ويتبع زيادة الرطوبة النسبية الأعراض التالية:

1- تمتص المخطوطات البردية الماء بالخاصية الهيجروسكوبية داخل شبكة الألياف ليرتفع محتواها المائى الداخلى ويتغير مظهرها وأبعادها ويحدث انهيار فى خواصها الميكانيكية.
2- الارتفاع فى نسبة الرطوبة يشجع النمو الحشرى والميكروبى خاصة الفطر الذى يحلل السيليلوز وينشط أيضاً من تفاعلات التحلل الضوئى وتكسير الروابط الجلوكوزيدية فى سلاسل السيليلوز- وتفرز هذه الكائنات مواداً لزجة فى صورة بقع ملونة تشوه سطح البرديات، وقد تؤدى إلى التصاق أوراق

البردى وتحجرها عند جفافها – كما تؤدى الإصابة الحشرية إلى انتشار الثقوب والقطوع بأوراق البردى وقد تؤدى إلى تآكل النص تآكلاً كاملاً كما فى حالات الخنافس الناخرة والسمك الفضى.

3- تساعد الرطوبة الزائدة على ذوبان الغازات الحمضية الملوثة المتواجدة بالبيئة المحيطة بها وأهمها غاز ثاني أكسيد الكبريت الذى يتحول إلى حمض الكبريتيك المدمر خاصة فى وجود أملاح الحديد التى تعمل كعامل محفز للتفاعل وينتج التحلل المائى الحامضى.

4- تسهل التصاق الأتربة والمعلقات الأخرى فى الهواء مما يسبب تلوث واتساخ الوثائق والمخطوطات البردية.

5- تؤثر الرطوبة العالية على الأحبار والألوان فتؤدى إلى بهتان الألوان نتيجة لانحلال المواد العضوية التى تستخدم كمواد رابطة للألوان من غراء حيواني أو زلال بيض – كما تؤدى الرطوبة العالية لشلفطة الأحبار الكربونية.

2-2 تأثير انخفاض الرطوبة النسبية على أوراق البردى:

عند انخفاض الرطوبة النسبية بالجو المحيط نجد أن أوراق البردى تفقد محتواها المائى الداخلى وبالتالى مرونتها وتلتف حول نفسها وتعانى من الجفاف ويصعب فردها وتصبح متصلبة هشة سهلة الكسر حيث يصاحب انخفاض الرطوبة النسبية للهواء ارتفاع درجة الحرارة والعكس صحيح لذلك عند التحكم فى الرطوبة النسبية يجب أن يتم التحكم فى درجة الحرارة أيضاً.

2-3 التردد بين الارتفاع والانخفاض فى الرطوبة النسبية:

البردى من المواد السيليلوزية التى تسعى ذاتياً للوصول إلى حالة اتزان فى الرطوبة مع الوسط المحيط سواء كان مرتفع أو منخفض الرطوبة النسبية. وينتج عن الانتقال بين التردد من الرطوبة للجفاف إلى مظاهر التلف الآتية:

1- بارتفاع الرطوبة يتعرض البردى للتمدد والانتفاش Swelling ثم الانكماش بانخفاض الرطوبة مما يؤدى لكرمشة السطح وحدوث التواء بأوراق البردى.

2- التصاق الصفحات وتحجرها وما يصاحب ذلك من تشوهات تبدو واضحة فى أوراق البردى.

3- فى البرديات التى لا تستطيع تحمل عملية التمدد والانكماش بسبب عامل القدم أو عوامل التلف الأخرى يؤدى لحدوث انفصال فى الألياف حيث يؤدى دخول الماء إلى تباعد بين الألياف السيليلوزية مما يسبب التمدد، وعند خروج الماء تعود الألياف إلى وضعها الطبيعى.

التحكم فى الرطوبة:

وتعتمد الفكرة الأساسية على تثبيت نسبة الرطوبة النسبية المحيطة بالمعروضات البردية، تستخدم مواد تعمل على تنظيم الرطوبة مثل السيلكاجل وبللورات الأملاح أو جهاز التجفيف الخافض للرطوبة. واستخدام التكييف المركزى للهواء يعد أفضل السبل المتاحة لكونه نظاماً متكاملاً للمخازن وفتارين العرض، ويتحكم فى الهواء ويرشحه حيث يمتص الأتربة والملوثات.

والرطوبة النسبية المثلى لحفظ البرديات كما يلى:

- فى الشتاء تتراوح الرطوبة النسبية بين (35–50%).
- فى الصيف من (50–55%).

3– درجة الحرارة:

تؤثر درجة الحرارة غير المناسبة على أوراق البردى، وتتعدد مصادر الحرارة التى يمكن أن تتعرض لها أوراق البردى كالتالى: أحياناً تكون من مصدر مباشر مثل ضوء الشمس أو من مصدر صناعى مثل الدفايات الكهربية أو التدفئة المركزية الزائدة بالإضافة لإتباع نظام غير مدروس فى إنارة فاترينات عرض البرديات وإضاءتها بضوء الكهرباء الذى يرفع درجة الحرارة بدرجة تكفى للإسراع من التفاعلات الضوء كيميائية.

ويؤدى ارتفاع درجة الحرارة إلى مظاهرة التلف التالية:

1– فقد البردى لمحتواه المائى وتتأثر مكوناته الأساسية (سيليلوز – هميسيليلوز – لجنين) تأثراً كبيراً، يتبع ذلك فقدان فى الخواص الفيزيوميكانيكية ويصبح البردى ضعيفاً وهشاً بمرور الزمن، ويظهر من منحنيات DTA لبعض أوراق البردى أن السيليلوز يتحل بالأكسدة فى درجة حرارة تتراوح بين (0250–0350) يتبعها اللجنين فى درجة حرارة تتراوح بين (0380–0450).

2– تصبح أوراق البردى أكثر عرضة للأكسدة والتحلل المائى عند درجة حرارة 025م وبالتالى الهشاشية الشبكية "Lattice Embattlement" مما يؤدى للإسراع من تقادمه.

3– تساعد الحرارة المرتفعة على نمو بعض الكائنات الحية الدقيقة المحبة للحرارة (Thermophilic Micro Organism) والمتخصصة فى تحلل السيليلوز، كما أن الحرارة تساعد على تكاثر بعض أنواع الحشرات.

4– تؤثر الحرارة على الألوان والأحبار الموجودة على سطح أوراق البردى فتؤدى إلى اضمحلالها وتحولها للون الداكن نتيجة للأشعة فوق البنفسجية

الصادرة عن الارتفاع فى درجة الحرارة والتى تلعب دوراً هاماً فى التفاعلات الكيميائـــية، وأحياناً يحدث انكماش لطبقة الألوان وتتكون تشققات دقيقة نتيجة لتقلص المادة الرابطة للألوان.

5- وقد يحدث تحلل طردى لأوراق البردى Thermal Decomposition فى درجات الحـــرارة المرتفعة وينتج عنه فقد للكثير من الخواص الميكانيكية وضعف السطح وخشونته وتفقد مرونتها وتصبح هشة سهلة الكسر والتفتت.

أمـــا الانخفـــاض فى درجة الحرارة فيحول بخار الماء فى الهواء إلى قطرات ماء تتكثف على مادة المخطوط لتصبح بؤرة لعملية التلف وتشجع النمو البيولوجى وتعجل من تلف مادة المخطوط لتفاعلها مع الغازات الملوثة بالجو المحيط. ونتيجة للتغـــيرات الفجائـــية للحرارة تتغير الرطبة النسبية المحيطة فتؤدى للجفاف وتضع السيليلوز تحت ضغوط بنائية متكررة.

وتظهـــر الكرمشة والالتواء بوضوح فى أوراق البردى، كما أن الاختلاف فى درجـــات الحرارة أثناء اليوم الواحد تزيد من معدلات التلف وخاصة التى لا تحتاج إلى الضوء بارتفاع درجة الحرارة، فإذا ارتفعت درجة الحرارة من 15-20 0م أو مـــن 20-25 0م للسيليلوز مع ثبات الرطوبة النسبية يزيد معدل التلف فى الظلام حوالى مرتين ونصف فى كل حالة، وفى حالة عدم ثبات الرطوبة النسبية ينتج عن ارتفاع الحرارة جفاف البرديات وإضعافها وتعرضها للتفتت.

التحكم فى درجة الحرارة :

يمكـــن التحكم فى درجة الحرارة باستخدام التكييف الهوائى المركزى للحفاظ على معدل درجة الحرارة على مدار السنة، وهو من أفضل الطرق المقترحة لعلاج ظاهرة تغير درجة الحرارة أثناء اليوم بهدف الوصول بدرجة الحرارة إلى 20 0م كما يمكن استخدام المراوح الكهربائية فى عملية توزيع الهواء.

ودرجـــة الحـــرارة المثالـــية خـــلال الشتاء تتراوح بين 10-20 0م، وخلال الصيف تتراوح بين 20-25 0م.

ثانياً: عوامل التلف الكيميائية :

وتنقســـم عوامـــل التلف الكيميائية إلى عوامل تلف كيميائية خارجية ممثلة فى غـــازات الـــتلوث الجـــوى وعوامل تلف كيميائية داخلية ممثلة فى تركيب أوراق البردى والأحبار التى عليها:

1- عوامل كيميائية خارجية (التلوث الهوائى):

والتلوث الهوائى فى مجمله يعنى وجود عناصر طبيعية وصناعية تنتشر فى الهواء المحيط بالقشرة الأرضية فى صورتها الصلبة أو الغازية، ومن أخطر هذه الملوثات الملوثات الكبريتية والنتروجينية والهالوجينية بالإضافة إلى الأدخنة والغبار حيث تساعد على تدمير المواد الأثرية والمخطوطات البردية من أكثر المواد الأثرية حساسية لهذه الملوثات، وفيما يلى دراسة لأهم هذه الملوثات وتأثيرها على أوراق البردى:

1-1 الغازات الكبريتية:

وتشمل 98-99% من غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO2)، 1-2% من غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO3) والذى تكمن خطورته فى إنتاجه لحمض الكبريتوز H2SO3 وحمض الكبريتيك H2SO4، وكمية ثالث أكسيد الكبريت تعتمد على درجات الحرارة، وأخطر الغازات الكبريتية والذى يهاجم المواد السيليلوزية، ولكن بمعدلات تختلف فى شدتها حسب ظروف وعوامل منها خارجية وأخرى داخلية كما يلى:

- وجود أو عدم وجود العامل المساعد مثل أكسيد الحديد.
- الرطوبة المحيطة التى بارتفاعها تسرع من امتصاص الغازات وبالتالى تفاعلها مع الأثر.

وأجريت العديد من الدراسات فى مجال ترميم وصيانة المخطوطات لمعرفة تأثير الملوثات على أوراق البردى ولاسيما تأثير غاز ثاني أكسيد الكبريت منها دراسة لمخطوطة بردية بالمتحف المصرى تحت رقم 2512 والتى عرضت بطريقة خاطئة جعلها عرضة لهذه الملوثات الضارة وخاصة فى وجود النحاس والحديد التى تعمل كعامل مساعد فى تحويل ثاني أكسيد الكبريت إلى حمض الكبريتيك حسب المعادلة الآتية:

$$SO_2 \xrightarrow[\text{Sun Light + Cu \& Fe Oxides}]{/0/} SO_3 \xrightarrow[\text{R.H. more than 50\%}]{+H_2O} H_2SO_4$$

$$SO_2 \xrightarrow[+/0/ + H_2O]{\text{Fe \& Cu Oxides}} H_2SO_4$$

ويــزيد معــدل الــتحلل بــزيادة الحموضة، وينتج عن ذلك غمقان شديد جداً للمساحات الملونة بالبردية وخاصة المساحات الملونة باللون الأخضر (الملاكيت). كما يساعد ثاني أكسيد الكبريت على أكسدة اللجنين ويحوله لأحماض مدمرة ويحلل حمــض الكبريتيك ألياف السيليلوز ويعطيها مظهر الهشاشية والإصفرار نتيجة هذا الــتحلل الذى يتضمن كسر للروابط الجلوكوزيدية فى السيليلوز، وينتج عنه سلاسل أصــغر تعــرف باسم الهيدروسيليلوز ذات الوزن الجزئى الأقل، وبالتحلل المائى الكامل تنتج فى النهاية وحدات الجلوكوز.

$$(C_6H_{10}O_5) + H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6$$

سيليلوز جلوكوز

1-2 أكاسيد النيتروجين:

ومــن أهــم المركبات النيتروجينية أول وثاني أكسيد النيتروجين (أكسيد النيتروز) والأمونــيا، ويعتــبر أكســيد النيتروجين من أهم المركبات النيتروجينية الملوثة للهواء، ويلعــب هــذا الأكسيد الدور الأساسى فى حدوث ظاهرة التفاعل الكيموضوئى. كما أنه يؤكسد سيليلوز البردى ويحوله إلى أوكسى سيليلوز الحامضى Acidic Oxycellulose الــذى يعمل على إذابة المركبات القلوبة المترسبة على سطح البردى والتى تعمل حماية مســتقبلية له، وبدراسة تأثير غاز ثاني أكسيد النيتروجين على الأحبار الحديدية أظهرت الأحبار تغيراً لونياً ملحوظاً (البهتان) نتيجة للأكسدة المباشرة.

1-3 الأوزون:

ويــتولد نتيجة انشطار جزيئات الأكسجين ويتولد كذلك من مرشحات الترسيب الالكتروســتاتيكى ومصادر الضوء الغنية بالأشعة تحت الحمراء، وتكمن خطورته فى إضعاف الخواص الفيزيائية للبردى. ويعتبر الأوزون مؤكسد قوى يتلف معظم المواد العضوية، ويؤدى إلى تفتيتها وتحللها ويسبب وهن واضمحلال الألوان على سطح أوراق البردى.

1-4 النشــادر:

وينــتج من تخمر المادة العضوية النيتروجينية ومن صناعة الأسمدة الكيميائية وصــناعة المــنظفات. وتمتص المواد الأثرية هذا الغاز ويسبب تحللها قلوياً، وفى حالــة وجود ثاني أكسيد الكبريت فى الجو فإنه يتفاعل مع النشادر ويكون ترسيبات ملحية ملحية مشوهة من كبريتات الأمونيوم على سطح البردى.

$$NH_4OH + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)2SO_4 + H_2O$$

5-1 كبريتيد الهيدروجين:

ويتولد نتيجة للأنشطة الصناعية كصناعة المطاط والورق والخشب والصناعات النفطية وينتج من تحلل الفضلات البشرية والحيوانية، أو عن تحلل المطاط فى أغطية الأرضيات فى المتاحف وتجليد الحوائط بالإضافة إلى أنه ينتج من المصادر الطبيعية كالبراكين وخطورته تكمن فى مهاجمته لبعض الأنواع من مواد الكتابة والتلوين خاصة نقوش التمبرا المرسومة على حوامل من ورق البردى ويؤدى لإسوداد لونها.

6-1 المعلقات الصلبة:

مثل الأتربة الدقيقة التى تلوث المخطوطات وتكون هذه الملوثات دهنية غالباً فتلتصق بشكل دائم بالمخطوطات وتتداخل الرقائق الميكروسكوبية الحجم منها بين ألياف البردى وتسبب تلفه كيميائياً.

وتؤدى لتشوه أسطح البرديات وتحمل الغازت الحمضية مثل ثاني أكسيد الكبريت وذرات المركبات المعدنية خاصة مركبات الحديد فتكون مركزاً لسلسلة من التفاعلات الكيميائية التى تتحول فيها الغازات الحمضية لأحماض وتحدث ثقوباً متعددة فى أماكن تواجدها بجانب تأثيرها المزيل للألوان والكتابات. بالإضافة إلى أن الأتربة الدقيقة وما تحمله فى طياتها من بويضات بعض الحشرات والجراثيم والتى بانتشارها تهدد بتفشى التلف البيولوجي.

ويمكن أن تحل مشكلة التلوث باستعمال مرشحات على مداخل أجهزة التكييف ويثبت مستوى درجة الحرارة والرطوبة النسبة ويمكن التحكم فى معدلات تغيير الهواء فى نظام التهوية وذلك باستعمال مرشحات مناسبة ويحسب عدد الزوار المتوافدين على المتحف على أساس أنه يلزم تغيير 8.5 متر مكعب من الهاء فى الساعة لكل زائر.

2- عوامل التلف الكيميائية الداخلية:

2-1 الأحبار والملونات:

تحتوى أوراق البردى على أحبار وملونات مثل الحبر الحديدى الذى يدخل فى تركيبه كبريتات الحديدوز وحمض التانيك. وتتفاعل كبريتيات الحديدوز $FeSO4$ مع رطوبة الجو ويتكون حامض الكبريتيك بدرجات مختلفة وهو يؤدى فى النهاية لاحتراق أوراق البردى أسفل الكتابة مباشرة ثم تنتشر خلال البردية بالكامل، وكلما كان لون الحبر قاتماً كلما ازداد تأثيره المتلف على أوراق البردى. بالإضافة إلى ذلك نجد فى العديد من البرديات اللون الأبيض وغالباً ما يكون أكسيد الزنك وهو

مـــن الملونات التى تؤثر سلبياً على أوراق البردى، فعند تعرض الجزء الملون به للضوء والرطوبة العالية يظهر تشوه لونى بالمساحات القريبة من اللون.

2-2 اللجنين:

وهو أحد المكونات الأساسية غير السيليلوزية للبردى وهو أقل ثباتاً للمؤثرات الكيميائية بالمقارنة بالسيليلوز، فهو مادة التفاعل ويتأكسد بسرعة إلى مركبات ذات لون بنى مائل للإصفرار بالإضافة إلى إنتاج حمض السلفونيك والكربوكسيل. وهذه الأحمـــاض تهـــاجم الســـيليلوز بالنشـــاط الضوءكيميائى حتى تتحول إلى أحماض عضوية بناءً على التحلل الاتلافى الضوئى للجنين النباتى فى البردى.

2-3 الحموضة:

الأحمـــاض من أكثر العوامل خطوة على أوراق البردى ومصادر الأحماض التى يمكن أن تهاجم البردى عديدة منها:

- أن تكـــون ناتجـــة من الملوثات الجوية المختلفة كغاز ثاني أكسيد الكربون أو غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز ثاني أكسيد النيتروجين والتى تتحول لأحماض مـــثل حمـــض النيـــتريك الـــذى يؤدى لاضمحلال الألوان والأحبار وحمض الكبريتيك العدو الأول للمخطوطات السيليلوزية وبارتفاع الرطوبة يزيد معدل تكوين الأحماض التى تؤدى لتلف السيليلوز عن طريق تفاعلات التحلل المائى Hydrolytic Reaction، وبـــزيادة قـــوة الأشـــعة فوق البنفسجية تزيد درجة التغير اللونى، وتتسبب الحموضة فى احتراق البردى وتأكله وضعف خواصه الميكانيكية ويصبح هش سهل الكسر والتفتيت عند طيه أو تناوله.
- بالإضـــافة إلى ما سبق ذكره يمكن أن تنتقل الحموضة من الحوامل والخلفيات الكرتونـــية الحامضـــية الـــتى يعرض عليها البردى، أو من خلال الصناديق الخشبية التى تحفظ فيها لفافات البردى.
- وتنتشـــر الحموضـــة بســـرعة مـــن الصناديق الخشبية أو الخلفيات الكرتونية الحامضـــية أو مـــن الأوراق المصابة بالحموضة إلى الأوراق البردية الخالية منها الملاصقة لها عن طريق هجرة الحموضة Migration of Acidity.

ثالثاً: عوامل التلف البيولوجي:

وتشمل العوامل البيولوجية دور الكائنات الحية فى التأثير على أوراق البردى ســـواء كانت كائنات مرئية كالحشرات والقوارض (إصابة حشرية) أو كائنات حية دقيقة كالفطريات والبكتريا والأكتينوميسيتات (إصابة ميكروبيولجية) ومن المعروف

أن البردى من المواد العضوية الحساسة التى قد تصاب بأحدهما أو كليهما معاً. وغالباً ما تكون الإصابة الحشرية مرتبطة بالتلف الفطرى بسبب وجود تشابه فى الظروف البيئية للنمو أو لأن الحشرات قد تكون الوسيط الذى ينقل الفطريات.

(1) الآفات الحشرية التى تصيب البردى:

تعد الحشرات من العوامل البيولوجية التى تصيب البردى وتسبب له أضراراً بالغة، ومن الحشرات ما يمكن رؤيته بالعين ومنها ما يصعب رؤيته إلا بالاستعانة بالميكروسكوب والعدسات، ومن أكثر الحشرات انتشاراً فى دور الكتب والمتاحف السمك الفضى Sliver Fish وقمل الكتب Book Lice والنمل الأبيض White Ants or Termites بالإضافة إلى القوارض مثل الفئران والصراصير. ومعرفة نوع الحشرة ودورة حياتها وأعراض الإصابة تساعد كثيراً فى تحديد الطرق الملائمة للمقاومة.

مظاهر إصابة البردى بالآفات الحشرية:

تتنوع مظاهر إصابة البردى بالحشرات، ويظهر ذلك فى العديد من الصور كالتالى:

1- انتشار الثقوب والقطوع على هامش البردية أو فى داخلها مما يؤدى إلى تشويه الرسوم.
2- مع نشاط الحشرات وتغذيتها على أوراق البردى فإنها تنتج بعض الإفرازات التى تساعد على رفع درجة الحموضة أو القلوية، وقد تساعد على رفع نسبة الرطوبة.
3- أحياناً تكون الإصابة الحشرية فى صورة قنوات غير ظاهرة – أو قنوات سطحية أو مناطق بها آثار قرض لما تقوم به الحشرات بأجزاء فمها القارض.
4- تنقل بعض الحشرات أنواعاً من الفطريات التى تحملها على أجسامها (فطريات التبقع) لأن ظروف نموها وتغذيتها متشابهة، وقد يكون ضررها أكثر خطراً من الحشرة ذاتها.
5- بعض الحشرات تترك بقايا سواء كانت مواد غذائية أو فضلات إخراجية تسبب تبقعاً لسطح البرديات وتتلف الأحبار واللواصق.
6- فى بعض الأحيان نجد بقايا الحشرات على أسطح البرديات خلف الزجاج.
7- ولكل نوع من الحشرات أسلوب خاص وطريقة محددة فى إحداث الإصابة لأورق البردى.

وتظهـــر الحشـــرات قـــدرة كبيرة على تكسير مكونات البردى، فمثلا حشرة Lyctus تســتهلك النشــا، وحشـــرة Anobium Punctatum قـــادرة على هضم السيليلوز والهيمسيليلوز وتكسير قليل من اللجنين، وبعض الحشرات لها القدرة على إفراز إنزيم السليوليز (Cellulaze) مثل حشرة Hylotrupes Bajalus.

العوامل المساعدة على نمو الحشرات:

1- درجة الحرارة ونسبة الرطوبة:

وتعتـــبر درجة الحرارة ونسبة الرطوبة من العوامل الأساسية المساعدة على نمـــو الحشرات، فلكل نوع من أنوع الحشرات درجة حرارة، ونسبة رطوبة معينة تمـــارس فـــيها الحشـــرة أوجـــه نشاطها المختلفة وعملياتها الحيوية بدرجة مثلى، والمجـــال الحرارى الملائم لنشاط الحشرة ما بين درجتى (22-32 0م)، بالإضافة إلـــى ذلك تؤثر الرطوبة كثيراً على قدرة الحشرات على التكاثر لأن رطوبة الوسط تؤثر على التوازن المائى فى أجسام الحشرات. وهناك نسبة رطوبة مثلى لكل نوع مـــن أنـــواع الحشرات يكون الحشرة عندها على أ؛سن حال إذا زادت أو انخفضت عن هذه النسبة المثلى قل نشاط الحشرة، ويمكن أن تتسبب الرطوبة العالية فى الحد من نشاط بعض الحشرات.

2- الأكسجين:

مـــن العوامـــل الضـــرورية الـــتى تســـاعد على نمو ونشاط الحشرات توفر الأكســـجين فى الجو، وبانخفاض الأكسجين إلى تركيز أقل من 1% لفترات طويلة تمـــوت الأطوار المختلفة للحشرات التى تصيب الآثار العضوية المختزنة، خاصة إذا ارتفعت درجا الحرارة فى الوقت نفسه.

3- الغذاء:

مـــن العوامـــل الـــتى تؤثر فى حياة الحشرة وتكاثرها، فانعدام المادة الغذائية المناســـبة أو العائل المناسب أو قلة كمية ما يتوفر من أحدهما يؤدى إلى قلة أعداد الحشـــرات أو انقراضـــها ومكونات البردى تعتبر غذاءً مناسباً لكثير من الحشرات التى تتخذها مصدراً غذائياً لها.

4- عوامل أخرى:

توجـــد العديـــد من العوامل الأخرى التى لها تأثير على حياة الحشرات، ولكن ليســـت بدرجة تأثير العوامل السابقة فمثلاً وجود إصابة فطرية على البردى يساعد على النمو الحشرى وكلما زادت نسبة الإصابة معدل تطور الحشرة.

وكذلك فإن وجود أتربة واتساخات على سطح البردية مع وجود نسبة رطوبة ودرجة حرارة مناسبة فإن ذلك يساعد على الإصابة الحشرية للبردى.

أهم الآفات الحشرية التى تصيب مخطوطات البردى:

يمكن التعرف على نوع الحشرة مبدئياً من شكل وطبيعة الإصابة ومظهر الثقوب ومدى انتظامها وانتشارها وتوزيع القطوع وأحجامها وعمقها واستقامتها أو تشعبها وارتباط ذلك بوجود بقع أو فضلات من عدمه، ومن أهم الآفات الحشرية التى تصيب أوراق البردى كالتالى:

1- السمك الفضى (Sliver Fish):

ولها عدة أسماء منها العتة الفضية وقملة السكر وسمكة السكر والمخادعة، وهى حشرة صغيرة أو متوسطة الحجم مستطيلة الشكل بنية أو رمادية أو بيضاء اللون، وتتغذى هذه الحشرة أساساً على المواد الكربوهيدراتية، وهى حشرات مترممة تتغذى على الفضلات العضوية إن وجدت، والسمك الفضى له القدرة على أن يعيش لعدة شهور بدون غذاء، وتتواجد بصفة عامة فى الظلام والبيئات الرطبة وفى أدراج المكاتب.

ومن مظاهر الإصابة بالسمك الفضى:

- أنها تتغذى على النشا والمواد الغروية والأصماغ وبذلك تفصل بين البرديات والحوامل الكرتونية الملتصقة عليها.
- تصنع فجوات وثقوب.
- تتلف الأحبار والرسوم الموجودة على أوراق البردى.

2- شبيهة السمك الفضى (Firebrat):

وتشبه فى مظهرها السمك الفضى ولونها أغمق من السمك الفضى، وتتغذى على المواد النشوية الموجودة فى المخطوطات، والاختلاف الرئيسى بينها وبين السمك الفضى أنها تفضل الدفء والأماكن الرطبة والبيئات المظلمة.

3- قمل الكتب (Book Louse):

وهى حشرات رمادية أو صفراء باهتة ذات أجسام رقيقة، وتوجد فى الأماكن الحارة وتتغذى على الحوامل الكرتونية للبردى، كما أنها تتغذى على الفطريات التى تتكون على أوراق البردى تحت ظروف رطبة وبصفة عامة تفضل هذه الحشرة الرطوبة العالية أكثر من 60%.

4- دود الكتب (Book Warm) :

وهــو يهاجم البردى والورق، وقد وصفها أرسطو بأنها حشرة مؤذية ووباء، كمــا يصف هجومها بأنه كارثة مذهلة، ومن أضرارها أنها تكون البيض عند حافة الورق، وعندما يفقس البيض يخترق إلى داخل البردية ويشوهها ويحدث بها أنفاقاً.

5- الصراصير (Cockroaches):

وهى حشرات ليلية تنتشر فى البلدان الحارة الرطبة مثل مصر، وتوجد طوال الســنة خاصــة فى فصل الصيف، ولها القدرة على الاختفاء خلف الألواح الخشبية ذات الحــواف وتحــت الأرض وتدخــل الصراصير المتاحف عن طريق دورات المــياه، ومنها ما يستطيع الطيران عبر النوافذ المفتوحة، وهى تقوم بقرض أوراق البردى وتؤثر على الوسائط التى تحتوى على الغذاء، كما أنها تسبب رائحة كريهة وتشوه رسوم البردى.

6- الفئران (Mice):

وهــى مــن أخطــر القوارض على المواد العضوية ومنها البردى فهى تلتهم أوراق الــبردى وتتلف الباقى بإفرازاتها، وتوجد بكثرة فى مخازن بعض المكتبات والمــتاحف وبدروماتها خاصة غير المعتنى بنظافتها، حيث تجد فى البرديات غذاءً جيداً لها، كما أنها تتكيف تحت أى ظروف بيئية.

(2) الكائنات الحية الدقيقة:

وهــى عــبارة عن كائنات صغيرة جداً لا يمكن رؤيتها إلا بالميكروسكوب، ولكــنها ذات قدرة على إحداث الكثير من المظاهر المرئية التى تدل على وجودها، وإصابة البردى بالكائنات الحية الدقيقة تكون غير ظاهرة فى بدايتها وتأثيرها بطئ، ولكــنها بمــرور الزمن تتسبب فى أضرار كثيرة ومدمرة لأوراق البردى حتى إن البردى يمكن أن يتحلل تماماً ببعض الكائنات الحية الدقيقة مثل Fungi Imperfect (الفطريات الناقصة) & Ascomycetes and Actimomycetes. ويعتقد الكثير أن البرديات تصاب بنفس الكائنات الحية الدقيقة التى تصاب بها المخطوطات الورقية، وهذا اعتقاد خاطئ لأن البردى يختلف عن الورق فى النقاط التالية:

- الــبردى يحــتوى علــى نســبة عالية من اللجنين كما يحتوى على نسبة من السيليلوز أقل من الورق.
- شرائح البردى تلتصق ببعضها بدون لاصق إضافى، كما يحتوى البردى على الســكريات التالــية Galactose, Arabinose and Rhaminose. أما الورق

فيحدث له تقويه سطحية (Sizing) بالنشا والغراء الحيوانى والقلفونية ومواد أخرى.

- يحتوى البردى على حمض اليورونيك Uronic Acid.

وأهم الكائنات الحية الدقيقة التى تتلف وتحلل البرديات الفطريات والبكتريا والأكتينوميسيتات.

2-1 الفطريات Fungi:

تعتبر الفطريات أحد العوامل الهامة التى تسبب التحلل البيولوجى للبردى وخاصة فى الأماكن الرطبة، وتشمل الفطريات مجموعة غير متجانسة من الكائنات الحية الدقيقة حقيقية النواة، وأفراد هذه المجموعة إما أن تكون وحيدة الخلية أو تكون خيوط يطلق عليها الهيفات والتى تتفرع وتتجمع فى صورة ميسيلوم، وتحتوى معظم الفطريات على جدار خلوى ماعدا مجموعة من الفطريات اللزجة، وتتميز خلايا الفطريات بأنها لا تحتوى على الكوروفيل أى إنها تحصل على غذائها من تحلل المواد العضوية سواء من مصدر حي أو من مصدر ميت ويطلق عليها عضوية التغذية.

العوامل التى تساعد على نمو الفطريات:

1- الرطوبة النسبية:

وسبق تناول التأثير المتلف للرطوبة النسبية بصفة عامة على البردى كأحد العوامل الفيزيائية، ويزداد نمو الفطريات مع زيادة نسبة الرطوبة حيث تفضل الفطريات الرطوبة النسبية العالية والتى تتراوح بين (65-80%)، وتسبب تغيراً فى لون أوراق البردى بما يعرف باسم Foxing وهى عبارة عن علامات صغيرة بنية اللون كثيراً ما نجدها على البرديات المحفوظة فى بيئة غير مثالية وذات رطوبة عالية.

2- الحرارة:

معظم الفطريات وسيطة الحرارة، ومن النادر أن تنمو فى درجات الحرارة العالية، ودرجة الحرارة الملائمة لنمو الفطريات على البردى تتراوح بين (24-30 0م).

3- الأس الهيدروجينى:

وتختلف الفطريات عن البكتريا فى أنها تفضل المنبت الحمضى للنمو عليه، وقيمة الرقم الهيدروجينى المناسب حوالى 5.5 لغالبية الأنواع التى تم التعرف

علـــيها من الفطريات، ولكن ليس معنى ذلك أن الحموضة تمثل الظروف المناسبة لنمو الفطريات، وإنما يرجع ذلك إلى أنه فى الوسط الحامضى لا يوجد تنافس يذكر علـــى المـــواد الغذائية حيث أن الفطريات يمكن أن تتحمل الحموضة بينما البكتريا والأكتينوميســـيتات لا تستطيع تحمل الحموضة، وبذلك تتوفر السيادة الكاملة للفطر، وذلـــك بالإضـــافة إلى بعض العوامل الأخرى مثل الضوء والأكسجين والعناصر الغذائية المتواجدة فى البيئة المحيطة.

وتؤثر الفطريات على أوراق البردى كالتالى:

- الفطـــريات تحصـــل علـــى غذائها بامتصاص المواد العضوية الذائبة وإفراز إنـــزيمات خارجـــية تحلـــل المواد العضوية المعقدة إلى مواد بسيطة ذائبة ثم تمتصها بعد ذلك.
- الســـيليلوز واللجنين من مكونات البردى التى تقاوم عوامل كثيرة إلا إن أكثر العوامـــل المؤثرة فى كل من اللجنين والسيليلوز هى التحلل الأنزيمى بواسطة الكائـــنات الحـــية الدقـــيقة، فمـــثلاً فطريات العفن البنى Brown Rot Fungi تســـتخدم معظـــم المـــواد عديـــدة التسكر Polysaccharides لتفكك اللجنين، وفطريات العفن الأبيض White Rot Fungi التى تفرز بعض الأنزيمات من أهمها Laccase, Peroxides.

كمـــا أن هـــناك فطـــريات تـــتغذى على السكريات والنشويات المختزنة فى الفـــراغات الخلويـــة وغالـــباً يكـــون لها تأثير لونى على البرديات وتسبب تبقعها. وتســـتطيع بعض الفطريات إفراز إنزيم السليوليز Cellulase Enzyme مثل فطر Viridal Trichoderma ويحلل السيليلوز لوحدات من سكر الجلوكوز الذى تستخدم كمصدر للكربون والطاقة حيث يتحلل هوائياً إلى ثاني أكسيد الكربون والماء.

Cellulose ➔ Cellobiose ➔ Glucose

ولذلـــك فالفطر له القدرة على تحليل أهم مكونات أوراق البردى (السيليلوز – اللجنين) مما يؤدى فى النهاية لضعفها وانخفاض خواصها الميكانيكية.

أهم أنواع الفطريات التى تصيب البردى:

مـــن أهـــم أجـــناس الفطـــريات التى تصيب المخطوطات بصفة عامة داخل المتاحف والمكتبات *Aspergillus, Pencillium, Chaetomium, Fusarium* وهى تتطلـــب لنموها محتوى مائى أقل بكثير من ذلك الذى تحتاجه الكائنات الحية الدقيقة الأخرى.

ومن الدراسات الهامة التى ناقشت أنواع الفطريات التى تهاجم مقتنيات المتاحف هى تلك الدراسة التى قام بها (Kawalik) 1980، وذكر فيها جميع أنواع الفطريات التى تهاجم مقتنيات المتاحف والمكتبات. ومن قبلها قام بدراسة متخصصة لأنواع الفطريات التى تصيب أوراق البردى وأجرى دراسته على عينات بردى من المتحف المصرى ومن حفائر مختلفة بعضها من حفائر كوم أبو راضى، وحفائر تونة الجبل، وعينات من حامل كرتونى ملتف.

وكان من أهم نتائج هذه الدراسة ما يلى:

1- من الأجناس الفطرية التى توجد بكثرة على البردى جنس Chaetomium وتبدو أنها متخصصة فى إتلاف أوراق البردى، ويمكن تعليل ذلك بقدرتها العالية على تحليل اللجنين الذى يعتبر من أهم مكونات البردى وملائمة ظروف مصر المناخية لنموه، وجنس *Chaetomium* لعب الدور الأكبر فى إتلاف وتحليل البردى وخاصة الأنواع التالية: *Chaetomium Indicum & Chaetomium Globsum & Chaetomium Elatum*.

2- من الفطريات المدمرة للبردى والتى أثبت وجودها على أوراق البردى *Botryodiplodia theobromal, Alternaria geopila, Fusarium lactis, Emericellopsis minima, Helminthosporium satirum, Spomdylocladium australe* وهذه الفطريات تحلل السكريات الطبيعية الموجودة فى عصارة البردى، ووجد أن الغالبية العظمى من تلك الكائنات الحية الدقيقة ربما تستخدم اللواصق الطبيعية فى البردى كمصدر للكربون *L.rhamnose, Dl.arabinose*.

3- الحرارة الملائمة لنمو الكائنات الحية الدقيقة 24-30 0م ولكن بعض الفطريات مثل *Aspergillus, Emericellopis minima* يمكن أن تنمو فى درجة حرارة 42 0م. وبعض أفراد من جنس *Pencillium* تفضل درجة الحرارة المنخفضة ومن المعروف أن البنسيليوم يصيب الورق بصفة مستمرة إلا إنه تم عزله مرة واحدة فقط من البردى.

4- بعض أنواع الفطريات من جنس *Aspergillus* تسبب أمراضاً للإنسان وتسبب التهاب الأغشية المخاطية.

5- أثبتت التجارة أن البردى المعالج بمادة بارا كلورميتا كريزول (P. Chloro. m. Cresol) يكون مقاوم لأى نوع من أنواع الكائنات الحية الدقيقة وليس لها أى تأثير متلف على المكونات الرئيسية للبردى.

2-2 البكتريا Bacteria:

تعتبر البكتريا من أوائل الكائنات الحية الدقيقة التى تهاجم البرديات المعرضة لأجــواء رطــبة، وعلى الرغم من أن البكتريا لا تعتبر من عوامل التلف الأساسية للــبردى مقارنة بالفطريات إلا إنه لا يمكن التغاضى عما تسببه من تلف. وتحتاج البكــتريا لــرطوبة نســبية عالية تزيد عن 70% وتحدث تلفاً جزئياً فى الظروف اللاهوائية حيث تكون الفطريات فى نفس الظروف أقل نشاطاً.

العوامل المساعدة على نمو البكتريا:

1- الرطوبة:

حيــث تتكاثر البكتريا فى الوسط الرطب وتفضل بعض أنواع البكتريا رطوبة نسبية عالية تتراوح بين (75-80%).

2- الحرارة:

وتعتــبر الحــرارة عاملاً أساسياً يؤثر على نمو البكتريا ولكل نوع من أنواع البكــتريا درجة حرارة مثلى للنمو، ومعظم أنواع البكتريا تنمو فى درجات حرارة متوسطة وتعتبر درجة الحرارة المثلى للنمو من (25-35 0م).

3- الأس الهيدروجينى:

وتفضل البكتريا الوسط المتعادل، وهناك أنواع تعيش فى الوسط الحمضى مثل بكتريا حمض اللاكتيك وبكتريا الكبريت الكيمو معدنية التغذية.

4- الأكسجين:

بعــض أنــواع البكــتريا تستطيع النمو بدون أكسجين، وهى بكتريا لا هوائية والبعض الآخر لا يستطيع النمو بدون أكسجين وهى بكتريا هوائية.

5- الضــوء:

وتفضــل معظم أنواع البكتريا الظلام عن الضوء، أما ألوان الطيف فلا تؤثر علــى البكــتريا بدرجة واحدة حيث لا تبدى الأشعة الخضراء أو الحمراء أى تأثير علــيها بيــنما الأشــعة الزرقاء والبنفسجية وفوق البنفسجية تبيد البكتريا فى وقت قصير.

ومن أهم أنواع البكتريا التى تصيب البردى ما يلى:

1- البكــتريا الكيموعضــوية الــتغذية وتضم الغالبية العظمى من البكتريا وتكمن خطــورة تلــك البكتريا فى كونها تحصل على الطاقة اللازمة لها من تحليل المــواد العضــوية الكربونــية وتســتطيع كثــير مــن البكتريا تحليل المواد

الكربوهيدراتية المعقدة مثل النشا والسيليلوز وغيرها كما إنها تستطيع أن تستخدم السكريات المختلفة كمصدر جيد للكربون.

2- وتستطيع أنواع عديدة من البكتريا تحليل السكريات البسيطة كمصدر للكربون والطاقة مثل الجلوكوز والفراكتوز والجالكتوز والسكروز، وتقوم البكتريا بالاستفادة من هذه المواد عن طريق تحليلها. وهذه النوعية من البكتريا تقوم بإفراز أنزيمات لها القدرة على تحليل السيليلوز المتواجد فى البردى وتحوله لمواد بسيطة التركيب يسهل هضمها واستخدامها فى عملية التمثيل الغذائى.

3- البكتريا المكونة للإنفاق Tunneling Bacteria وهذا النوع له القدرة على تحليل السيليلوز واللجنين ويسبب ليونة وفقد شديد لقوى الألياف فى أماكن الإصابة.

4- البكتريا الناخرة، والبرديات المصابة بهذا النوع من البكتريا غير منتظمة ومليئة بالثقوب والنقر وتعمل على تكسير وتحليل اللجنين Ligninolytic.

5- البكتريا المؤكسدة للكبريت ومركباته، وتستمد طاقتها من مركبات الكبريت مثل كبريتيد الهيدروجين والكبريت المعدنى وتتأكسد هذه المركبات إلى كبريتات ومن أمثلتها جنس Thiobacillus وتحصل على مصدر الكربون من ثاني أكسيد الكربون أو الكربونات الذائبة فى البيئة.

6- البكتريا المرسبة لأكاسيد الحديد والمنجنيز، ويمكنها أكسدة من مركبات الحديد والمنجنيز والحصول على الطاقة اللازمة لها وتحصل على الكربون من إحدى صوره المعدنية من ثاني أكسيد الكربون أو الكربونات، ومن أمثلتها بكتريا Siderocapsa حيث تقوم بترسيب أكاسيد الحديد والمنجنيز.

2-3 الأكتينوسيتات:

وتتبع هذه المجموعة رتبة من رتب البكتريا وهى Order: Actenomycetes وهى مجموعة كبيرة من الكائنات الحية الدقيقة التى تشبه الفطريات، حيث تتميز أفرادها بتكوين ميسليوم خيطى متفرع مكون من هيفات رقيقة وطويلة غير مقسمة بجدر عرضية وذات تفرعات عديدة.

وهى من الميكروبات غير ذاتية التغذية ولذلك يصبح وجودها مرتبطاً بوجود المواد العضوية المناسبة وهى يمكنها استخدام عدة مركبات كربونية سواء بسيطة أو معقدة التركيب من أحماض عضوية وسكريات وهيدروكربونات أليفاتية ويمكن لأنواع عديدة منها أن تحلل السيليلوز ولكن بمعدل بطئ ومن أشهر أنواعها المحللة للسيليلوز Striptomycetes.

وأنسب الظروف لنمو الأكتينوميسيتات هى درجة حرارة تتراوح بين 28-37 0م وتفضل الرطوبة النسبية المنخفضة، وتحتاج إلى بيئات ذات درجة حموضة (7-8) والأكتينوميسيتات تنمو فى وجود الأكسجين الجوى، ومن الصعب السيطرة عليها بواسطة الطرق الفيزيوكيميائية والكيميائية على عكس الفطريات لذلك فهى تلعب دوراً هاماً فى تحلل المواد العضوية بشكل عام.

رابعاً: الإتلاف البشرى:

ويقصد بالإتلاف البشرى ما تسببه يد الإنسان من تلف لأوراق البردى سواء كان ذلك عمداً أو بغير قصد، ويمكن أن يرجع الإتلاف البشرى لأوراق البردى لأسباب عديدة مروراً بمراحل صناعته وحتى مراحل عرضه أو تخزينه ونستعرضها كما يلى:

1- سوء الصناعة:

كان يقوم على صناعة ورق البردى قديماً فى بعض الأحيان صناع غير مؤهلين لإنتاج أوراق بردى جيدة الصناعة أو كان هذا هو الحال مع عدد غير قليل من البرديات المصنعة قديماً، وهذا يعنى أوراق بردى غير جيدة نتيجة لسوء الصناعة.

2- عدم الوعى بأهمية تراث البردى:

وخير دليل على ذلك أن باكورة الاكتشافات البردية عام 1772 ظهرت بسبب عدم الوعى، هذا عندما عرضت جماعة من الفلاحين على تاجر أوربى حوالى 50 لفافة بردى، فابتاع التاجر إحدى هذه البرديات وسميت ورقة بورجينا Charta Borgina وعندما يئس الفلاحون من بيع باقى اللفافات قاموا بحرقها من أجل رائحتها العطرية. وأحياناً كانوا يقومون بتمزيق اللفافة الكبيرة إلى جزيئين أو ثلاثة، وتقسم فيما بينهم ويبيع كل منهم نصيبه منفصلاً طمعاً فى ربح أكثر مما يحصل عليه من بيع اللفافة كاملة. وأحياناً أخرى عمد بعضهم إلى حرقها أو تفتيتها فى التربة خشية أن تكون طلاسم سحرية. ومن المعروف أن أكوام القمامة كانت من مصادر الكشف عن البردى، والتى كانت ترمى فيها جميع ما أخرجه النشاط البشرى مما استغنى عنه من أدوات وأوعية وأوانى فخارية بجانب تمزيق أوراق البردى إلى قطع صغيرة ورميها فيها. وحتى إذا لم تمزق فإنها تتلف بتأثير الرمال التى تحملها الرياح وتتعرض لأضرار بسبب النمل البيض.

3- إعادة استخدام لفافة البردى أكثر من مرة:

أحـياناً أراد الكاتـب أن يستعمل اللفافة مرة ثانية، فكان عليه أن يقوم بإزالة النص القديم من أحد الوجهين أو من كليهما ثم تكتب من جديد وغالباً ما كانت تتم الإزالـة بكثـير مـن الإهمال وأطلق على هذه النوعية من البردى اسم البرديات المسيحة (Palimpsests).

4- الإهمال فى ملاحظة مظاهر التحلل:

قـد تبدأ البرديات فى التلف ببطء أو بسرعة على حسب نسبة الرطوبة النسبية المحيطة بالبرديات، ولأن التحلل يبدأ ببطء ويكون غير ملحوظ للعين المجردة فإن ذلـك يستلزم كشفاً بكتيريولجياً وحشرياً دورياً وملاحظة انتشار الضعف والهشاشة حتى يتسنى إيقاف ومقاومة هذا التحلل بالطرق العلمية فى حينها.

5- سوء التخزين أو العرض:

مـن حيـث المكـان والظـروف الجوية المتعلقة بالمكان من حيث الرطوبة والحـرارة ونسبة التلوث وأسلوب تخزينها، فأغلب البرديات فى المخازن محفوظة داخـل أظرف ورقية سيئة، كل ذلك يؤدى لإصابة البردى بأنواع عديدة من التلف البـيولوجى والتى تؤدى إلى فناء هذه البرديات أو فقد لبعض أجزائها. ولذلك فلابد مـن المتابعة الدورية للبرديات داخل المخازن والاهتمام بأعمال التهوية وعمليات التعقـيم المسـتمرة للقاعـات المحفوظة بها وإحكام غلق الصناديق المحفوظة بها. وكذلـك عـرض البرديات بجانب دورات المياه بالمتحف المصرى يعتبر مصدراً أساسـياً للرطوبة، كما إن عرضها بين ألواح زجاجية عبارة عن قطع بينها أماكن انفصـال تعتـبر طريقاً للحشرات والفطريات إلى البردى مما يساعد على الإصابة الفطرية ولاسيما فى وجود الرطوبة.

6- الترميم الخاطئ:

وغالـباً مـا يقـوم بترميم البردى غير المتخصصين وخاصة من قبل بعض الأثريـين الذين يقومون بدراسة النصوص المكتوبة على أوراق البردى، وغالباً ما تـتم عملية الترميم هذه بدون أسس علمية. وقد تستخدم مواد كيميائية بدون معرفة كافية لخواصها الكيميائية والطبيعة الضارة على البرديات. كما إن استخدام لاصق السوليتيب لتجميع الأجزاء ببعضها نتج عنه لون أصفر بمرور الوقت.

7- الحرائق :

قد تتعرض المبانى الأثرية والمتاحف والمكتبات لحرائق قد تكون متعمدة مثل ما حدث قديماً لمكتبة الإسكندرية الضخمة والتى كانت محتويات هذه المكتبة ضحية

للصـــراع بين المسيحيين والوثنيين عندما أصبحت المسيحية الدين الرسمى للدولة، فقد أمر ثيوفيلوس أسقف الإسكندرية (385–412م) بتدميرها بوصفها معقل الآراء الهدامة.

بجانـــب عوامل التلف السابقة توجد عوامل أخرى لا دخل للإنسان فيها، ومن أهمها ما يلى:

أ – الكوارث الطبيعية (البراكين):

وأشـــهر مـــثال على ذلك البردى المتفحم من مدينة هيراكولونيوم وهى مدينة قرب نابولى بإيطاليا مدفونة تحت الرماد والحمم التى غمرت هذه المنطقة فى أثناء بـــركان فيزوف عام 79م، وعثر من حفائر هذه المدينة على بقايا مكتبة مكونة من مؤلفـــات فلســـفية تخـــص كـــتاباً مـــن مدرسة فيلاديموس وإبيقور من معاصرى شيشرون، وقد حولت هذه البراكين اللفائف البردية إلى كتل متفحمة.

ب– طبيعة البردى:

الـــبردى يميل بطبيعته للالتفاف حول نفسه، ويتشكل فى هيئة لفائف Rolls، وكان الإطـــلاع علـــى أية جزء أو عبارة صغيرة من نص البردية يتطلب فك جميع الوثيقة بالكـــامل، ومثل هذا الأمر قد يؤدى بعد فترة إلى تمزيق ألياف البردى بسبب كثرة الفك والطـــي. والجديـــر بالذكـــر أن مصر تمتلك حالياً الآلاف من البرديات التى اكتشفت ومازالت مكدسة فى صناديق أو أظرف فى مخازن المتحف المصرى، أو فى المتحف الإســـلامى والمتحف القبطى ودار الكتب المصرية، ولم يزح الستار بعد عن مضمونها ولابـــد مـــن الاهـــتمام بهـــذه البرديات المخزونة والعمل على دراستها ونشرها للعالم. ولاشـــك إنـــنا سوف نعلم الكثير عن نواحى متعددة من تاريخ مصر والعالم القديم من خـــلال هذه البرديات التى مازالت مجهولة. وأكثر ما نخشاه أن تفنى هذه البرديات بفعل الآفات والفطريات أو تلوث البيئة قبل أن تكشف للعالم ما تحويه من معلومات.

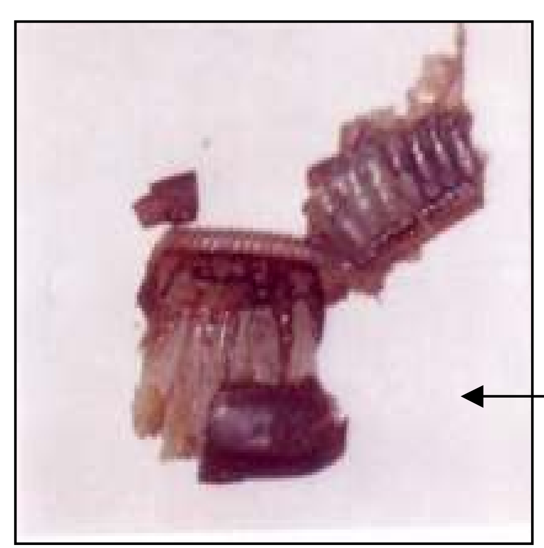
خامساً: تلف بردى الكارتوناج والبردى المتحجر:

أخرجت الحفائر كثيراً من اكتشافات الكارتوناج من باطن الأرض والمحتوية على بـــرديات ويعتبر الكارتوناج معرض لمصادر التلف العادية التى يمكن أن تتعرض لها المواد العضوية كما أن المادة اللاصقة Adhesive الموجودة بين قصاصات البردى أو بيـــن الـــبردى وطـــبقة الجص تجعل منه مصدراً لجذب الحشرات. أما بالنسبة للبردية المتكربـــنة Carbonized Papyri فقد اكتشفت أكبر مجموعة منها فى هيركولانيوم فى إيطالـــيا بالقـــرب من نابولى، إلا أن هناك برديات متكربنة عثر عليها فى الدلتا وتانيس

حيث وجد بترى حوالى 150 بردية متكربنة عام 1884، وعثر عليها موضوعة فى سلال وكان معظمها محترقاً ومتحولاً إلى رماد أبيض، كما وجد أنها تداخلت مع مواد أخرى وتكسرت وأصبحت عبارة عن قصاصات صغيرة جداً والجدير بالذكر أنه تم العثور على لفائف متكربنة أخرى فى الحفائر فى تانيس عام 1993.



صورة (73)
بردية عربية من مجموعة بردیات عين شمس والتى تم عزل بويضة الصرصور الأمريكي منها



صورة (74)
بويضة الصرصور الأمريكي المعزولة من البردية السابقة (معمل تحاليل المتحف المصرى)



صورة (75) بقايا حشرات خلف أحد البرديات المعروضة بالمتحف المصرى



صورة (76) تلف لحشرات ناخرة فى شكل أنفاق– بردى فرعونى – مخازن المتحف المصرى (X31)





صورة (77) تلف ناتج عن الفطريات (Foxing) (خلف إحدى البرديات من المتحف المصرى)







صورة (81)
تلف ناتج عن سوء التخزين
(متحف مصرى)



صورة (82) تبين أساليب الترميم الخاطئة (استخدام لاصق سلوتيب)
(متحف مصرى)



صورة (83) أوراق بردى ملتصقة ببعضها
وتعانى من الحموضة الشديدة نتيجة للتخزين السيئ

٥

الفصل الخامس
علاج وصيانة البردي

أولاً: القواعد والأسس العلمية التي يجب توافرها في طرق علاج وترميم أوراق البردي
ثانياً: علاج وصيانة البردي
ثالثا: ترميم البردي

الفصل الخامس
علاج وصيانة البردي

أولاً: القواعد والأسس العلمية التى يجب توافرها فى طرق علاج وترميم أوراق البردى:

ترميم أوراق البردى من العمليات المعقدة والممتعة فى نفس الوقت نظراً لما تواجهه أوراق البردى من مشاكل كثيرة نتيجة استخدام العديد من طرق الترميم الخاطئة وغير المسترجعة قديماً.

بيد أن كثيراً من أوراق البردى القديمة فى حالة جيدة من الحفظ كما عثر عليها وذات بنية قوية، وأحد العوامل التى تؤثر على حالة البردى بصرف النظر عن حالته أثناء العثور عليه هى عمليات العلاج والترميم التى تعرض لها قديماً. وعلاج ترميم البردى يبدأ منذ استخراجه من أماكن الحفائر وحتى عرضه داخل المتاحف أو تخزينه، وغالباً ما ترتبط طريقة العلاج والترميم بالظروف التى وجدت فيها البردية وأسلوب حفظها، لذلك فمن الضرورى معرفة أماكن العثور على البردية المراد علاجها.

والهدف الأساسى من عمليات علاج وصيانة أوراق البردى هو إيقاف عمليات التغير فى أبعاده نتيجة للعوامل الخارجية، مع الحفاظ على ما تتضمنه البرديات من معلومات تستخدم فى البحث، والعمل على تثبيته لمدة أطول وإعداده للعرض المتحفى. وفى بعض الأحيان يفضل الحفظ فقط دون تدخل الترميم لتجنب الأضرار التي يمكن أن تنتج عن المواد المستخدمة فى الترميم والتى لا يمكن استرجاعها أحياناً، ولذلك فالتدخل القليل هو أفضل الحلول، فكلما زادت كمية المادة المضافة أو المادة المستبدلة قل نجاح عملية الترميم. ويمكن تقسيم الصيانة لنوعين هما:

1- **الصيانة الوقائية:** وذلك بالحفظ فقط دون تدخل العلاج والترميم ومتابعة الظروف البيئية المحيطة بالأثر وتثبيت درجات الحرارة والرطوبة طبقاً للمواصفات القياسية أو تغطية البردية بمواد تكون ماصة للأشعة.
2- **الصيانة بالتدخل:** وتشتمل على التنظيف والتقوية والتجميع وأحياناً الاستكمال، ويجب عند استخدام الصيانة بالتدخل أن تكون مواد العلاج والترميم والتقوية استرجاعية على المدى الطويل.

وعمليات العلاج والصيانة محكومة دائماً بقواعد علمية وفنية ولها عرف عالمى وخطوط أساسية لابد أن يتبعها مرمم أوراق البردى ضماناً لسلامة الأثر مع

الأخذ بكل جديد يكون فى صالح عملية الترميم. وعمليات ترميم أوراق البردى ذات طبيعة خاصة لها أصولها وتقاليدها التى لابد أن تمارس من منطلق الخبرة الواسعة والدراية الكاملة بطبيعة وخصائص هذه المادة، ولابد أن تتلائم وتتنوع عمليات العلاج والترميم حسب نوعية وخصائص البردية المطلوب علاجها وترميمها من حيث مادتها وشكلها وسماتها الفنية، ولحماية البرديات الأثرية من خطر الترميم الخاطئ يجب أن تتم عملية العلاج والترميم فى إطار من القواعد والأسس كما يلى:

القواعد والأسس العلمية التى يجب توافرها فى علاج وترميم أوراق البردى:

أ – يجب أن يسبق عمليات العلاج والصيانة إعداد خطة تشتمل على:

1- التشخيص: لتحديد نوع التلف المراد علاجه.

2- التسجيل الفوتوغرافى وإجراء العديد من الفحوص والتحاليل المبدئية لمعرفة ما يلى:

2-1 الطريقة التى صنعت بها البردية هل هي مصنعة بطريقة الشرائح أم بطريقة التقشير (التحزيز) وذلك بالاستعانة بالفحص الميكروسكوبى.

2-2 مدى التصاق الشرائح ببعضها، وهل استخدام لاصق إضافى للصق الشرائح ببعضها أم لا؟

2-3 دراسة لون البردية وسمكها وبعض الخواص الميكانيكية للبردية مثل قوة الطي والتمزق.

2-4 دراسة أسلوب الكتابة والزخرفة وتحديد اتجاه الكتابة وماهية النص تساعد إلى حد كبير فى تحديد الأجزاء المفقودة.

2-5 معرفه نوع الأحبار والألوان المستخدمة على البردية كما يلى:

- الكشف عن نوع الحبر: يبلل جزء من الكتابة فى مكان غير واضح بمحلول مخفف من حمض الخليك 1% وتترك 5 ثواني، ثم يتشرب ناتج البلل بورق نشاف ويضاف إليه قطعة من فيروسيانيد البوتاسيوم (1%)، إذا أعطي لوناً أزرق بروسيا Prussian Blue كان هذا دليلاً على وجود الحبر الحديدى. ومن المظاهر المميزة أيضاً للحبر الحديدى تحول لونه بمرور الزمن من الأسود القاتم إلى اللون البنى الفاتح وفى النهاية يتحول إلى اللون الأصفر الباهت. أما الحبر الكربونى فهو حبر خامل كيميائياً.

2-6 اختبار حساسية الأحبار والألوان لمحاليل التنظيف والمعالجة التى يقترح استخدامها فى العلاج، وهو اختبار ذو دلالة خاصة بالنسبة للمخطوطات

حيـــث إن أحبار كتابتها تمثل أهمية كبيرة فى قيمتها الأثرية. ويجرى هذا الاختـــبار قـــبل البدء فى الاستعمال محاليل أو سوائل التنظيف حتى يمكن تفـــادى أى تلـــف يمكن أن يحدث خلال عمليات التنظيف والمعالجة ويتم اختبار كل لون وكل حبر. ويتم اختبار الحساسية كالتالى: وضع قطرة من المـــاء أو من المحاليل والمذيبات المراد اختبار تأثيرها على طرف فرشاة لتـــبلل حرف الكتابة أو طرف بعيد للألوان فى مكان غير ظاهر ثم تلتقط هـــذه القطـــرة بسرعة بواسطة ورق نشاف فإذا طبعت الألوان أو الأحبار علـــى الورق النشاف كان هذا دليلاً على عدم ثباتها مع الماء أو المحلول الجارى اختباره.

2–7 اختـــبار قـــيمة الأس الهيدروجيني (pH) للبردية: ويمكن قياس الحموضة الســـطحية بالطرق المباشرة على أسطح البردى مثل استخدام أجهزة قياس حموضـــة ذات ملامـــس مفلطحة فى وجود قطرة ماء على سطح البردى ووضـــع ملمـــس الجهاز على قطرة الماء فيعطى قراءة مباشرة عن رقم الأس الهيدروجينى للبردية. وأحياناً تستخدم الأدلة اللونية التى تتميز بألوان خاصة فى درجات الحموضة أو القلوية، وهذه الألوان تعطى دلالة تقريبية عن درجات الحموضة أو القلوية.

2–8 يفضل معرفة نوعية المواد التى استخدمت فى الترميم قبل ذلك للبردية إن كان سبق ترميمها.

ب– إذا كانـــت الـــبردية فى هيئة قصاصات يفضل الاستعانة بمتخصص فى لغة الـــبرديات بهـــدف إعـــادة ترتيب القصاصات التى فسدت أو تكسرت بمرور الوقـــت، وأحـــياناً يمكـــن الاستعانة بمتخصص فى علم النبات لمعرفة تكنيك التصنيع.

ج– يجـــب ألا ينتج عن الترميم محو أو تغيير أو تشويه للكتابات وتجنب المخاطرة أو الفقـــد لأى جـــزء مـــن أجزاء البردية، والأهم من ذلك التحكم فى طريقة المعالجة وعدم المغالاة فيها.

د – المـــواد المســـتخدمة فـــى الترميم تكون ذات تركيب كيميائى ثابت ولا تتحلل بمـــرور الزمـــن ولا تتفاعل مع مادة البردى كيميائياً حتى لا تؤدى لتلفه فى شكل حروق أو تشوهات لونية تضعف من خواصه الميكانيكية. ولذلك يفضل اســـتخدام المـــواد الطبيعـــية فـــى الترميم، وتكون ذات طبيعة عكسية يمكن استرجاعها إذا تطلب الأمر ذلك.

هـ- يتم الترميم فقط عندما تكون البردية فى حالة ملحة وضرورية للترميم وأن يكون الترميم فى أضيق الحدود مع الحفاظ على مظهر الوثيقة.

و- الأخذ بمبدأ التمايز والانسجام بين الجزء الذى تم ترميمه والبردية.

ز- إذا وجدت أماكن مفقودة أو ثقوب كبيرة، فعند الاستكمال لابد من استخدام مواد من نفس طبيعة المادة المراد ترميمها بمعنى أن يرمم البردى بالبردى.

ح- يتم الترميم داخل حجرة جيدة التهوية وفى إضاءة مناسبة أثناء العمل، ويفضل ضوء النهار أو لمبات فلورسنت، وأن يتم العمل تحت عدسة أو ميكروسكوب.

وأهم ما يجب مراعاته أن يقوم بترميم أوراق البردى أشخاص ذوو أيدى خبيرة وعلى دراسة كاملة بخصائص مادة البردى، وتتولد تلك الخبرة بالعمل المتواصل فى ترميم البردى والمحاولات الدائمة لإيجاد الحلول الملائمة لكل حالة من حالات تلف البردى. ويجب أن تكون البعثات الأثرية فى أماكن الحفائر على استعداد تام لإنقاذ البرديات التى يمكن العثور عليها وأن يكون لدى المرمم القدرة على تحديد الطريقة الملائمة لعلاج وصيانة كل بردية مع الحفاظ على جميع محتوياتها إلى أن يتم عرضها. ويعانى البردى المستخرج من الحفائر أو المحفوظ داخل المتاحف للعديد من المشكلات أهمها الجفاف والهشاشة والبقع اللونية والاتساخات بالإضافة إلى الحموضة والإصابة البيولوجية.

وتختص المهام الرئيسية لمرمم البردى فى إصلاح التلف على البرديات بسبب الطرق غير الملائمة أو المتلفة التى اتبعت أثناء صيانتها وتخزينها فى الماضى، وتحديد المشاكل التى لا تزال قائمة فى مجموعات البردى الحديثة، ومعالجة البرديات المكتشفة حديثاً بطريق الحفائر أو التى يعثر عليها من مصادر أخرى. وعند اتخاذ قرار بوضع برنامج صيانة توضع الأولوية للمحافظة على دوام القطعة وأهميتها التاريخية ومحاولة التقليل من التدخل الفعلى، وإذا كانت البرديات المراد ترميمها يتدارسها الطلاب وتعرض للجمهور باستمرار فإن ذلك يؤثر حتماً على قرارات صيانتها.

ثانياً: علاج وصيانة البردى:

1- فتح الزجاج:

فيما يخص البرديات المعروضة بين لوحين زجاجيين يجب مراجعة حالة حفظ البردية قبل فتح لوحي الزجاج عن طريق اختبار خارجى بحرص للتأكد عما إذا كانت البردية ملتصقة بألواح الزجاج أو حدث أى تقشر أو انفصال لطبقات

البردية، وقد تبدو بعض البرديات أكثر صلابة مما هى عليه فى الحقيقة، لذلك يجب الحرص عند فتح ألواح الزجاج القديمة، وإذا كانت البردية فى حالة متدهورة بحيث لا يمكـــن تناولها، فإنه يفضل فى هذه الحالة عدم فتح ألواح الزجاج، وبذلك نتجنب تحطيمها عند نقلها.

إذا كانت البردية موضوعة بين طبقتين من الميلار(Mylar) والبليكسى جلاس أو أســيتات السيليلوز، وكان لابد من إخراج البردية يتم التأكد إذا كان الوضع آمناً لفتح الطبقات حول القطعة بدون إحداث أى تلف فى الألياف.

2- معالجة البردى المصاب بالفطريات والحشرات (التعقيم):

ذكــر كوكـــل Cockle أن مســـتخدمى البردى فى العصور القديمة استخدموا Cedrium وهـــو مســـتخرج راتـــنجى من العرعر Juniper لمنع ديدان الكتب من مهاجمـــة لفـــائف الـــبردى. وتعتـــبر كثيراً من مبيدات الحشرات التى استخدمت فى الماضى غير مقبولة اليوم لأسباب تتعلق بالصحة والأمن.

وكانـــت البرديات بعد فردها توضع بين ورق نشاف مشبع بالثيمول Thymol لعـــدة أيـــام كإجـــراء احتياطى ضد هجوم الفطريات. أما الآن فإن فعالية الثيمول موضـــع تساؤل حيث توجد أدلة اليوم تشير إلى أن الثيمول يؤدى لاصفرار كل من البردى والبرسبكس Perspex على حد سواء وخاصة فى وجود الضوء.

ويـــراعى نقل البرديات المصابة بالفطريات عن بقية المجموعة ووضعها فى مكـــان جـــيد التهوية مع وجود طارد للأتربة، ويجب على المرمم أن يرتدى قناع واقـــى من الأتربة Dust-Mask وملابس واقية وإذا كانت البردية جافة وقوية بما يكفى يمكن إزالة بؤر العفن باستخدام فرشاة Sable Paint Brush وإذا كانت رطبة يجـــب أن تترك حتى تجف تماماً قبل طرد الفطريات، ومع البرديات الهشة التى لا يمكـــن اســـتخدام الفرشاة معها يمكن إزالة بؤر العفن باستخدام الملاقيط الدقيقة مع التكبير بنسبة (X 10) حتى يتم التأكد من إزالة الفطريات.

وقـــد يظهر نمو الفطريات فى بعض الأحيان على البردى فى شكل بقع فطرية أو صبغة فطرية Mouldy Stain ما يشير لوجود رطوبة فى الماضى على البردية.

الطرق المستخدمة:

- وبالنســـبة للمبيدات المستخدمة يستخدم المتحف البريطانى بروميد الميثيل وهو أحد المبـــيدات المسموح باستخدامها أو Nitrogen Anoxia، كما يستخدم المتحف

البريطانى حالياً التجميد أو التبخير Freezing or Fumigation لمنع أضرار الحشرات.

- وقد استخدمت بعض المدخنات من نوعية أكسيد الايثلين Ethylene Oxide أو بروميد الميثيل Methyl Bromide إلا أن الأفضلية الآن تعطى لأنظمة أكثر توائماً مع البيئة ويقوم عدد من المعاهد الآن بتجريب استخدام نقص الأكسجين Anoxia لقتل الحشرات فى المتاحف والمجموعات. وينصح بعدم استخدام التجميد فى حالة وجود شموع غير ثابتة أو غراء، إلا أن البردى المثبت على حوامل يمكن استخدام التجميد معه إذا اتخذت الاحتياطات المطلوبة من الزجاج والأطر الخشبية.
- ويمكن استخدام الغازات الخاملة مثل النيتروجين والأرجون، وقد استخدم غاز الأرجون حديثاً فى مكتبة مونت آثوس Mount Athos حيث يستخدم لإيجاد وسط منخفض من الأكسجين Anoxic لقتل طفيليات الحشرات عن طريق خنقها، ويتم حالياً الإعداد لتجارب باستخدام غاز الهيليوم فى متحف المتروبوليتان بنيويورك.

وأحياناً يستخدم ثاني أكسيد الكربون Carbon Dioxide وقد أعطى درجات متفاوتة من النجاح.

- وقد ذكرت الدراسات أن التعرض الطويل للبردية فى بيئة مجهزة بمحتوى أكسجين فى مدى من 1: 5% يقضى على الحشرات واليرقات.
- ومن أكثر الطرق المستخدمة هى وضع البردى فى بيئة مجهزة لمدة ثلاثة أسابيع وإحكام الغلق على البرديات فى لفافات بلاستيكية من البولى إيثلين فى كل منها أكسجين ممتص يتم إدخاله داخل الغطاء، والعمل الأساسى للأكسجين الممتص أنه يقوم بالتفاعل الكيميائى لأكاسيد الحديد النشطة فى وجود الأكسجين، وتتميز هذه الطريقة أنها خالية من المخاطرة، كما أنها تزيل وبكفاءة عن طريق نقص الأكسجين (أنوكسيا) أى أثر أو شكل من أشكال الحياة للحشرات واليرقات والبيض.
- البريفنتول Preventol: وهو عبارة عن ثلاثى الكلورفينول فى الإيثانول أمين، يستخدم بدرجة تركيز تتراوح بين 0.5% : 1.0%.
- الباراكلور ميتا كريزول P.Chloro m-cresol: يستخدم على صورة محلول مائى أو كحولى درجة تركيزه تتراوح ما بين 0.5–1.0%. وقد ثبت أن هذا المبيد يعتبر من أكفأ المبيدات التى يمكن استخدامها فى تطهير المكتبات

والمتاحف وعلاج البرديات، وهو يقضى على الفطريات التابعة لأجناس Aspergillus, Penicillium ويكرر هذا التطهير فيما بين 3: 5سنوات.

- أبخرة الفورمالدهيد (الفورمالين): ويتم تعقيم الآثار العضوية – ولاسيما أوراق البردى– وأيضاً الأوراق والمنسوجات بتعريضها لأبخرة الفورمالدهيد التى تتولد بإضافة الفورمالدهيد إلى برمنجنات البوتاسيوم على النحو السابق ذكره فى خزانة تبخير محكمة الغلق لا تقل درجة الحرارة بداخلها عن 016م، وأن تكون نسبة الرطوبة بها أكثر قليلاً من 60% وذلك لمدة 12 ساعة على الأقل، وبعد العلاج تظل البرديات المعقمة معرضة للهواء لمدة عدة ساعات.
- التعقيم بالأشعة: يمكن استعمال الأشعة فوق البنفسجية أو الموجات فوق الصوتية أو الكهرومغناطيسية أو أشعة الكوبلت فى تعقيم البردى تحت ظروف خاصة بواسطة المتخصصين فقط.
- علاج البردى المصاب بالحشرات: يتم التعقيم باستخدام صناديق التبخير الخاصة باستعمال مدخنات الفابونا الذاتية وأيضاً استعمال المدخنات التقليدية ضد الحشرات مثل بروميد الميثيل مع ثانى أكسيد الكربون وتتم المعالجة أيضاً بواسطة المتخصصين وبالطرق المثالية.

ومن الطرق الحديثة المستخدمة حالياً والتى يتم تطبيقها فى التعقيم ضد الحشرات والكائنات المجهرية هى وضع البردية بين فرخى من ورق النشاف المتعادل خالى الحموضة، ومبلل بـ (P.Chloro-m.cresol) فى محلول الكحول الإيثيلى، ويتم اختيار المواد المستخدمة فى مقاومة التلف البيولوجى على حسب تأثيرها واستمرارها فى الحماية المستقبلية للبردية، وحسب تأثيرها على البردية سواء عند تطبيقها أو على المدى الطويل، وأثبتت الدراسات أن (P.Chloro-m.cresol) يضمن حماية البردية.

وقد تم التأكد أيضاً من أن الثيمول يسبب إصفرار الورقة وضعف المواد اللاصقة والجلود. ولسوء الحظ فإن بعض المواد الضارة للبردى مازلت تستخدم حتى الآن لمقاومة التلف البيولوجي، على سبيل المثال Para dichloro benzene والذى يسبب إصفرار الورق وبهتان الأحبار وتغير فى الأصباغ، واستخدام Carbon disulphid والذى يسبب فقد الورق بجانب السمية وأضرارها على الإنسان، واستخدام بروميد الميثيل أو أكسيد الإيثيلين واللذان تم استخدامها فى مقاومة الحشرات، فهى غازات عالية السمية، كما تؤدى إلى تغيرات كيميائية وفيزيائية، وإن كان يؤثر فعلاً على الحشرات والكائنات الدقيقة إلا أنه يجعل الورقة

أكـــثر هشاشـــة، ويؤثر على بعض الأحبار كما أن كفاءة المعالجة تنتهى بعد فترة قصيرة، وهذا يؤدى إلى التدخل والعلاج مرة أخرى.

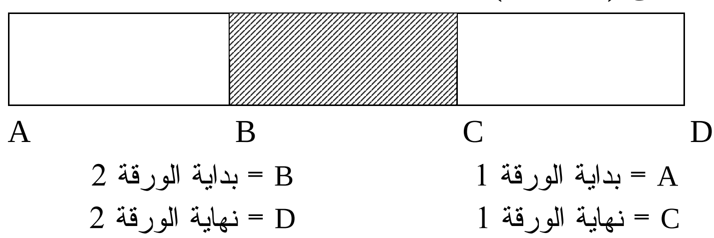
ويعتبر توفير صيانة داخلية جيدة ووعى فريق العمل هو أكثر الوسائل فاعلية لصـــيانة وحماية البردى من التلف البيولوجي مع التفتيش المنظم على المجموعات والتنظـــيف بشـــكل دورى يمـــنع مهاجمة الحشرات أو نمو الفطريات، كما يراعى تســـخين القـــناع والقفـــازات المطاطـــية لأسباب تتعلق بالأمن والصحة، واستخدام ميكروسكوب أو مناظير مكبرة كما سبق الإشارة لذلك، وبصفة عامة فإن البرديات لن تتعرض لأى تلف بيولوجي إضافى إذا تم تجفيفها بعناية وترميمها وتخزينها فى ظروف بيئية جيدة.

3- الفحص والتسجيل:

أ - التشـــخيص: يجب أن تفحص جميع القطع الممزقة وذكر أى تلف بها، وذلك علـــى يـــد القائميـــن بالصيانة قبل الترقيم الإلكترونى. ومراجعة حالة الحفظ للـــبردية قبل الصيانة وبحرص باستخدام ميكروسكوب ثنائى العدسة لمراجعة حالة الحفظ والتماسك ودرجة التصاق الأحبار والأصباغ.

ب- التسجيل: إملاء وثيقة تختص بكل قطعة، تشتمل على ما يلى:

- التاريخ (أو التاريخ المحتمل) للقطعة.
- المكان (أو المكان المحتمل) لأصل القطعة.
- الموضوع: وصف موجز لمحتويات القطعة.
- الأبعـــاد: قياس القطعة بوضعها على ورقة مقسمة بالمليمترات، قياس الطول مـــن بدايـــة الـــبردية إلى نهايتها، وكذلك المساحة من بداية البردية لنهاية أى تشابك ملتصق (Kollesis).



- اللون: دراسة لون البردية وسمكها، وبعض الخواص الميكانيكية للبردية.
- المتانة: قوى، سهل التفتت، ينفصل إلى طبقات رقيقة.
- الـــتعرف علـــى طـــريقة تصنيع البردية: هل هي مصنعة بطريقة الشرائح أم بطريقة التقشير.

- مـــدى التصـــاق الشرائح ببعضها وهل استخدم لاصق إضافى للصق الشرائح ببعضها.
- معرفة نوع الأحبار والألوان المستخدمة على البردية كما يلى:

يـــبلل جـــزء من الكتابة فى مكان غير واضح بمحلول مخفف من حمض الخلـــيك 1% وتترك 5 ثوانى ثم يتشرب ناتج البلل بورق نشاف ويضاف إليه نقطـــة من فيروسيانيد البوتاسيوم 1% إذا أعطى لون أزرق بروسيا كان هذا دليل على وجود الحبر الحديدى.

اختـــبار حساسية الأحبار والألوان لمحاليل التنظيف والمعالجة التى يقترح اســـتخدامها فى العلاج، ويتم اختبار الحساسية كالتالى: وضع قطرة من الماء أو مـــن المحالـــيل والمذيبات المراد اختبارها على طرف فرشاة لتبلل حرف الكـــتابة أو طـــرف بعـــيد للألوان فى مكان غير ظاهر، ثم تلتقط هذه القطرة بواسطة ورق نشاف، فإذا طبعت الألوان أو الأحبار على الورق النشاف كان هذا دليلاً على عدم ثباتها مع الماء أو المحلول الجارى اختباره.

- اتجـــاه النسيج: كان الشائع استخدام الألياف الأفقية كواجهة للبردية، والألياف العموديـــة كخلفـــية لها، مع ملاحظه الأوراق المعاد استخدامها حيث تم مسح الـــنص الأول وأُعـــيد اســـتخدام الورقة على يد كاتب آخر (وهذا يعتمد على الحقبة الزمنية ونوع النص).

وعـــادة اســـتخدم الناســـخون (الكتـــبه) الألياف الأفتح لوناً على الواجهة والألياف الأغمق لوناً على الخلفية.

ج- التسجيل بالتصوير الفوتوغرافى: وتشمل الصورة:

- مقياس مدرج (بالسنتيمترات)
- الجهة (واجهة أو خلفية)
- قبل وأثناء وبعد المعالجة، مع أخذ لقطات مقربة وتدوين ملاحظات دقيقة حول أى جـــزء أو اتجاه أو مسافة تم التقاطها فى الصورة لكى نأخذ صورة مماثلة لها تماماً بعد المعالجة.

وفيما يلى بعض نماذج التوثيق المستخدمة للبردى:

نموذج توثيق علاج وصيانة البرديات بجامعة عين شمس (مجموعة د. حسن رجب) من إعداد المؤلف:

– رقم القطعة: .... – الخامـــــة: .... – التاريـــــخ: .... – الموضوع:					
– الأبعاد:		الطول:................		العرض:....................	
– عدد السطور:		الوجه:...............		الظهر :......................	
– اللـــــــــــون:					
– مكان العثور عليها :					
– نوع الاقتناء وتاريخه: .... – منشورة أو غير منشورة:					
		الفحص المبدئى			
الأحبار	أسود	أحمر	أخرى		
الرسوم والزخارف	يوجد	لا يوجد	نوعها		
البقع	دهنية	فطرية	حشرية	أحبار	بقع مختلفة (طين–دماء)
التمزقات	ثقوب	قطع حاد	تهتك	أجزاء مفقودة	ترميم قديم
الكشوف	الحموضة	بهتان أحبار	نوع الحبر	حساسية الحبر	
إجراءات الصيانة					
الخطوات	المعالجة والمواد المستخدمة				
ملاحظات أخرى على القطعة :					
القائم بالترميم :					

4- الفرد والترطيب Unrolling

الأهمـــية الأولـــى لأى قـــرطاس بردى بالنسبة لجامعى التحف وعلماء الآثار والدارســـين هو النص الذى يحتويه، ومن ثم فإن عملية المعالجة الأولى اعتنت فى الأســـاس بفـــك (فرد) البردية وتدعيمها بشكل يساعد على التعامل معها وقراءتها بأسرع وقت ممكن. وعادة تظهر على البردى أعراض الجفاف من هشاشة وتشقق وتكسير عند تعرضه لجو جاف (رطوبة نسبية أقل من 40%) أو حرارة مرتفعة أو لكلـــيهما معـــاً لمـــدة طويلة، وفى هذه الحالة يحدث بخر للمحتوى المائى للبردى، وبالتالى لا يمكنه أن يحتفظ بالحد الأدنى الضرورى لحفظ ليونته الطبيعية.

وقـــد أمضـــى بـــترى من 1904 إلى 1933 لتطرية البردى الجاف والشديد الهشاشـــية، بلفها فى قطعة من الورق أو الكتان المشبع بالرطوبة أو بتطبيق البخار عليها وعندما تصبح الطبقة الخارجية من القرطاس رطبة بما يكفى يمكن فردها ثم تجفـــف تحت ثقل، تكرر العملية جزء بجزء حتى يتم فتح القرطاس بأكمله. وكانت الـــبردية بعـــد فكها تلصق غالباً على ورق من الكرتون أو الكتان ثم تقطع البردية والخلفية إلى أطوال ذات حجم مناسب لوضعها داخل أطر خشبية. وفى حالة وجود نـــص علـــى خلفـــية البردية Verso يتم ترك فجوة فى الخلفية حتى يمكن رؤيته، وكانت تلك المنطقة غير مدعمة فى النص.

أ – طرق الترطيب التى يمكن استخدامها:

- يمكـــن اســـتعمال مجفف زجاجى ذو غرفتين حيث يوضع البردى الجاف فى الغـــرفة العلـــيا ويوضـــع الماء فى الغرفة السفلى ويوجد بين الغرفتين حاجز شبكى لتسهيل نفاذ بخار الماء من الغرفة السفلى إلى البردى الجاف فى الغرفة العليا فيمتص الرطوبة بطريقة منتظمة من الهواء.
- أحـــياناً يكـــون من الضرورى أن نغمر ورقة البردى فى الماء وهذا هو ما يفضله Pantaudi مع مراعاة الدقة والتحكم التام فى عملية التطرية، ويمكن أن يـــتم الترمـــيم بســـرعة كبيرة إذا تمت عملية الترطيب والتندية وتجميع الألياف بدقة.
- مـــن الطـــرق الجـــيدة التى يمكن استخدامها لفرد وتطرية البردى أن يوضع الـــبردى علـــى ورق ترشيح مبلل حيث نضع أربعة أفرخ من ورق الترشيحٍ داخـــل حـــوض بلاستيك به ماء، وتغمر فيه ثم نخرجها مباشرة ونتركها قليلاً حتى تتخلص من الماء الزائد ثم نضع قطع البردى عليها ثم نضع طبقة أخرى مـــن ورق الترشيح المبلل أعلاها (أربعة أفرخ أخرى) ثم نضع عليها شريحة

زجاجية. ثم نضع لوح برسبكس يغطى الطبقات السابقة كلها وتترك المجموعة لمدة 36 ساعة تقريباً.

- وقد تبين التأثير الفعال لطريقتين من الترطيب تستخدم إحداهما مرطب فوق صوتى Ultrasonic Humidifier وتستخدم الأخرى مادة تسمى Gore-Tex. وينتج المرطب فوق الصوتى قطرات متناهية فى الصغر من الماء كبخار، وتحتوى الأداة على خزان صغير للمياه وجهاز صوتى فى أسفله يحتوى على خرطوم فى نهاية أنبوب ينبعث منه البخار.
- ويتيح هذا النوع من المرطبات رطوبة بطريقة شديدة الاعتدال لا تستطيع حتى أفضل البخاخات Sprays عملها. ويمكن ترطيب البردية بأمان سواءً بتوجيه البخار مباشرة تجاه البردية، وبوضع البردية فى غرفة رطوبة يتم توجيه سحابة البخار لها.

وتستخدم الطريقة الثانية مادة تعرف بـ Gore-Tex وهى عبارة عن غشاء من Polytetra fluoro ethylene مركبة على خلفية من البولي إستر Polyester Felt، ويخترق هذا الغشاء بخار الماء والغازات فقط، وعندما يتم فرده على صندوق الترطيب فيمكن لبخار الماء وليس السائل بالمرور خلاله إلى البردية المفرودة على قمته.

ويمكن عمل غرفة ترطيب Humidity Chamber بوضع الطبقات على طبق Photographic Tray وتغطيتها بقطعة من الزجاج أو فرخ من البولى إيثلين، وتفيد هذه الطريقة والقصاصات الصغيرة التى يمكن التقاطها عند التنظيف والترميم، وكذلك مع لفافات البردى الصغيرة أو الطبقات المكونة من رقائق حيث يمكن فصلها على مراحل وترتيبها. وإذا تطلب الأمر زيادة الترطيب بالنسبة للبرديات الكبيرة والتى لا يمكن إدخالها فى الإناء تستخدم نفس الطبقات مع إضافة قطعة من الزجاج على القمة فى هيئة Sandwich ويمكن التحكم فى كمية الرطوبة النافذة للبردية عن طريق درجة التندية للطبقة الندية (Damp Layer).

ودائما يستخدم الماء المقطر فى صيانة البردى لتجنب تلوث البردية بالشوائب الموجودة فى ماء الصنبور، ويتم فصل طبقات لفافة البردى بتنديتها بعناية باستخدام أدوات يدوية صغيرة مثل الملاقيط، ومن الضرورى إعادة ترطيب لفافة البردى من آن لآخر عند إزالة الطبقة الخارجية، ويتم وضع الشظايا المنفصلة بين قطعتين من ألياف البولي إستر غير المنسوج مثل: Hollytex Reemay Bondina ثم بين قطعتين من الورق النشاف لتجفيفها حيث يدعم قماش البولي إستر البردية

ويمـــنعها من الالتصاق بالورق النشاف. ثم توضع قطعة من الزجاج ثم وضع ثقل، ويمكـــن تغيـــير الورق النشاف على فترات منتظمة إلى أن تجف البردية، وللورق النشـــاف هـــنا دور الكمادة Poultic حيث يسحب الاتساخات خارجاً ومعها البهتان واللاصق القديم عند جفاف البردية.

ب- فرد وترطيب اللفائف :

نقـــوم أولاً بتصـــوير وثائقى للفافة من كل الزوايا وتحديد كيف تم لفها، وهذه خطـــوة شديدة الأهمية لعملية الفرد، وفى الحالات المعقدة نقوم بعمل نموذج للفافة، ثـــم قياس العرض والارتفاع والسُمك، والتلف فى الألياف يوضح كيف تمت عملية الفـــتح وإعـــادة بـــناء وتجميع الأماكن التالفة فى القطعة يمكن أن يساعد في وضع القطع فى المكان الصحيح بعد الفرد، فعلى سبيل المثال التلف الناتج عن الحشرات يمـــثل مساعدة ممتازة فى إعادة بناء القطعة فمن خلال الطبقات العديدة من التالف يمكـــن وضـــع القطع فى المواضع الصحيحة. بناء غرفة رطوبة وترطيب اللفافة بـــبطء، ولا يجـــب أن تكـــون شـــديدة الترطيب، وفردها بحرص شديد عند أماكن الالتواء والزوايا، ووضع البرديات التى تم فردها بين أوراق نشاف جافة أسفل ثُقل صـــغير، وتغيير النشاف بعد ساعة ثم بعد ساعتين فى اليوم الأول، والاستمرار فى عملـــية تجفـــيف الـــبردى لمـــدة ثلاثة أسابيع مع تغيير النشاف عند الحاجة إذا ما انكســـرت القطعـــة أثناء عملية الفرد، وكتابة ملاحظات من أجل التجميع فيما بعد، ويجب أن تُترك القطعة لتجف تماماً قبل وضعها فى مكان الحفظ.

5- التنظيف وإزالة الأملاح:

أ - التنظيف الميكانيكى:

والهـــدف مـــنه إزالة العناصر الغريبة عن البردية (تراب، فطريات، قشور، فضلات حشرات... الخ)، وتستعمل فرش ناعمة وملاقيط دقيقة وأدوات أخرى مما تناسب حالة الاتساخ وحالة البردية. يفضل أن يتم التنظيف تحت الميكروسكوب أو باســـتخدام عدسة مكبرة وأن يتم العمل داخل غرفة جيدة التهوية وفى ضوء النهار أو لمبات الفلورسنت وتوضع البردية أثناء التنظيف على ورق ترشيح فوق منضدة مســـتوية لســـهولة العمـــل، وإذا كان التنظيف يتم على قصاصات بردية فيتم أثناء التنظيف فصل الأجزاء المكتوبة بحبر كربونى عن الأجزاء المكتوبة بحبر حديدى، وكذلـــك فصـــل الأجـــزاء المكتوبة عن الأجزاء الأخرى غير المكتوبة على ورقة ترشيح مستقل.

يمكـــن القـــيام بالتنظيف إذا كانت ألياف القطعة متماسكة مع الحذر أن نقوم بالتنظيف إذا كانـــت الألياف متهالكة وضعيف، وكذلك إذا كان الحبر يُزال أو يتأثر.



صورة (84)
التنظيف السطحى باستخدام فرشاة

نقـــوم أولاً بإزالة بقايا الألياف المنفصلة عـــن القطعة بواسطة فرشاة ناعمة ومراعاة استخدم الفرشاة باتجاه الألياف من الوسط إلى الحـــواف، وفى بعض الأحيان إذا كان هناك اتساخات كثيرة يمكن تنظيفها بواسطة فرشاة خشـــنة أو فرشـــاة وبرية دقيقة، عند استخدام الفرشـــاة الخشنة ننظف قطع صغيرة جداً باستخدام ضربات أفقية أو دائرية، ثم نفخ الأتـــربة بعـــيداً بـــرفق، والتخلص من الأوراق الجافـــة والـــبلورات الصلبة والأحجار الصغيرة باســـتخدام أداة ذات طـــرف مدبب (مثل الملقاط الصغير المدبب أو أداة طبيب الأسنان) وذلك إذا لـــم يكـــن هناك كتابة، ولإزالة الاتساخات نقوم بـــتحريك الفرشاة بدقة، ودائماً ما يكون التنظيف فـــى اتجـــاه الألياف، ويمكن استخدم نافخ هواء مطاطى لإزالة الجسيمات المنفصلة بنفخ الهواء فـــيها (وهو متاح فى أماكن بيع أدوات التصوير الفوتوغـــرافى) مـــع الحرص إذا كانت الألياف هشة ومتهالكة، ومراعاة تنظيف كلاً من الوجه والخلفية بهذه الطريقة.



صورة (85)
التنظيف باستخدام النافخ الهوائى

ب- التنظيف الرطب Washing

فـــى حالـــة وجـــود اتساخات وبقع عفن منتشرة على سطح البردية، فقبل إزالة الحموضة يتم إجراء معالجة تمهيدية بمحلول كحولى وماء متعادل وإضافة مادة مبيد فطـــرى P.chloro.m.cresol [كحول إيثيلى + ماء مقطر + P.chloro.m.cresol]، وفـــى حالـــة البرديات الهشة ذات الأحبار الثابتة فيجب إجراء هذه العملية مع الغمر الجزئـــي فـــى المـــاء، ويمكـــن استخدام التركيبة السابقة بدون إضافة الماء المتعادل (كحـــول إيثـــيلى+ P.chloro.m.cresol) وإذا كانت حالة البردية قوية فيمكن إجراء معالجـــة لإزالـــة الـــبقع باستخدام مركب ammonia borane أو فى محلول كحولى

لإزالـــة الأكســـدة وتقلـــيل البقع اللونية التى تشوه الورقة. وأوصى فاكلمان باستخدام الأســـيتون لإزالـــة البقع السوداء من البردى القديم. كما ذكر Cockle التركيبة الآتية لتنظيف البردى الأثرى (50 جزء من أميل أسيتات + 50 جزء من الأسيتون) ولكنه ذكـــر أن الأســـيتون يحـــول لـــون البردى إلى اللون الأبيض، ويمكن أن يؤثر على الأحـــبار الموجـــودة على البردى ولذلك لابد أن يغسل بعد المعالجة مباشرة بالكحول الصناعى لإزالة أى آثار من الأسيتون.

6- معالجة الأملاح :

أحـــياناً يلاحـــظ وجود مادة رمادية اللون فى كثير من الحالات داخل الغطاء الـــزجاجى حـــول حواف قطعة البردى، تعرف عليها أحد العلماء على أنها مركب يتضمن كلوريد الصوديوم ونسب قليلة من الكربوهيدرات، ويقال إن مصدر كلوريد الصـــوديوم هـــو الـــبردى نفسه، أو ربما كان مصدر هذا الملح الأرض التى كان مدفوناً فيها ذلك البردى.

طرق إزالة الأملاح:

- ويـــتم إزالـــة بلـــورات الأملاح ميكانيكياً باستخدام دفرة ثم فرشاة جافة ناعمة تمـــرر علـــى السطح وتوضع ورقة البردى بين ورق ترشيح مندى بالماء ثم توضـــع بين شريحتى زجاج وتترك لمدة 24 ساعة حيث يساعد ذلك فى إزالة الملـــح مـــع الاحتـــياط أن الحـــبر قد يمتصه ورق الترشيح وقد استخدام أحد الباحثين قطع قماش قطنية بدلاً من ورق الترشيح لهذا الغرض.
- ويمكـــن إزالـــة الأمـــلاح الذائـــبة بالغسيل إذا كانت البردية قوية بما يكفى والأحـــبار ثابتة، ويمكن استخدام الغسيل لإزالة طبقة الأملاح السطحية من الألـــواح الزجاجية الحافظة للبردية، وتم تطبيق هذا الأسلوب مع بردية من الدولة الوسطى تحتوى على تعاويذ جنائزية فى المتحف البريطانى، ونتيجة لإصـــابتها بـــالأملاح أصبحت البردية غير واضحة، وتم إخراج البردية من التركيـــبة الزجاجية القديمة ثم تم غسلها لإزالة الأملاح ووضعت فى تركيبة جديدة، وطبقت تلك المعالجة عام 1987 ولم تعود طبقة الملح السطحى Salt Bloom للظهور.

وإذا كانت البردية ضعيفة ولا تتحمل الغسيل تلتقط بلورات الملح بملقاط، وبعد ذلـــك يتم التخلص من الملح بواسطة فرشاة ناعمة. ويراعى أن يتم فحص البردية المصـــابة بالأملاح جيداً، وتحديد نوع الملح والمذيب الذى يمكن استخدامه وتحديد دور هـــذه الأملاح فى تلف البردية، وبصفة عامة فإن ثبات الرطوبة النسبية حول

البردية يقلل من احتمال ضرر الأملاح المذابة، بالإضافة إلى أن دورة الهواء داخل تركيبة الزجاج لها تأثير جيد على البردية. وفى المكتبة الوطنية النمساوية فى فيينا تــترك فجوات صغيرة فى الشريط المثبت على جوانب التركيبة ووضعت التراكيب داخــل أظــرف ورقــية Paper Folders، ويمكــن تطبيق ذلك فقط مع التراكيب الصغيرة وليس مع الإطارات الكبيرة خاصة مع المجموعات التى يتم الرجوع إليها للدراسة، والتى يمكن أن تتلف وتتأثر بمرور الوقت.

7- معالجة الحموضة :

أ - قياس الحموضة:

ويعتــبر قــياس درجــة الحموضة للبرديات من العمليات الهامة والمفيدة عند الــتعامل مــع البرديات القديمة جداً، ويتم تحديد درجة الحموضة بأحد الطرق غير المــتلفة للــبردية مــثل طــريقة التلامس أو الكاشف الورقى اللونى، وعند وجود حموضة عالية يجب معالجته.

ب- طرق إزالة الحموضة:

- وإزالة الحموضة من أكثر العمليات فاعلية فى معالجة وصيانة البرديات، ويتم معالجة البردية من الحموضة عندما تكون درجة الحموضة (pH) أقل من 5، ولــو كانــت (pH) تتراوح ما بين 5 إلى 6 فعلى حسب حالة البردية، ولكن عــندما تكــون(pH) أعلى من 6 فإن إزالة الحموضة تصبح غير ضرورية، وفــى بعض الحالات بمجرد الغسيل البسيط فى محلول مكون من الإيثانول + مــاء مقطر يعطى نتائج جيدة، ويمكن إزالة الحموضة حتى فى وجود أصباغ نظــراً لخطــورة الحموضــة وأثرها فى إحراق مادة الكتابة وثقبها، ويمكن استخدام التركيبات الآتية لإزالة الحموضة:
- هيدروكسيد الباريوم (سام إذا تم بلعه) فى ميثانول. Barium Hydroxide.
- أسيتات كالسيوم فى ميثانول. Calcium Acetate in Methanol.

وفــى حالة البرديات الهشة والضعيفة يمكن أن تتم إزالة الحموضة باستخدام رشاشــات لإزالــة الحموضة. وأحياناً تتم معالجة الحموضة باستعمال ورق نشاف مشــبع بمحلول هيدروكسيد الباريوم 3% فى الكحول ثم يتم كبس البردى بينه فتتم معالجة الحموضة بطريقة غير مباشرة من خلال ورق المعالجة إلى ورق البردى.

8- كارتوناج البردى Papyrus Cartonage:

من المشاكل التى مازالت مجالاً للجدل العلمى حتى الآن هو كيفية استخلاص أوراق الــبردى مــتداخل أغلفة كارتوناج المومياء للاستفادة منه، وتزخر متاحف

مصـــر وخاصة المتحف المصرى بالكثير من هذا التراث الأثرى الذى يعانى كثيراً مـــن الإهمـــال، وربما يرجع ذلك لقلة المتخصصين فى هذا المجال أو لعدم تقدير القـــيمة الفنـــية والتاريخـــية لهذا النوع من التراث والدليل على ذلك ما تعانى منه مجموعـــة الكارتونـــاج بالمـــتحف المصرى حيث تساقطت طبقة الملاط فى بعض الحـــالات وظهـــرت الـــبطانة الداخلـــية. ولعـــل الاتجاه حالياً نحو تطوير أساليب اســـتخلاص البردى من الكارتوناج ولاسيما بعد أن بدأت المصادر التى تمد العلماء بـــأوراق الـــبردى تنضـــب، ووجد العلماء فى الكارتوناج مادة غنية سوف تمدهم بمعلومـــات جديـــدة، ومن خلال هذه الرغبة فى استخلاص نصوص البردى كانوا يضحون فى البداية بطبقة الملاط المرسوم ولم ينتبهوا إلى هذا الخطأ إلا بعد تدمير العديد من نماذج هذا التراث، ومنذ ذلك الحين وحتى الآن يبحثون عن الطرق التى تمكنهم من الحصول على أوراق البردى مع المحافظة على السطح الملون.

تعريف الكارتوناج :

الكارتونـــاج شـــكل خصـــص لحفظ المومياء ويتكون من طبقات من الكتان اوالـــبردى فيما بعد حيث تتماسك هذه الطبقات مع بعضها بواسطة طبقة من الملاط أو الجســـو Gesso وكانت هذه الطريقة تستخدم منذ الأيام الأولى للدولة الوسطى، وقـــد اســـتخدم بصـــفة خاصة لصنع أقنعة حفلات الدفن ثم استخدم بعد ذلك ليغلف أجسام الموتى، وقد استبدل المصريون الكتان بأوراق البردى والتى كانت فى أغلب الأحـــيان مكتوباً عليها. وبذلك يمكن تعريف بردى الكارتوناج أنه البردى الذى تم نـــزعه من الصدريات أو أغلفة الجسم أو الأقنعة التى كانت تغلف بها المومياوات ســـواء كانت بشرية أو حيوانية أو الموجودة على توابيت حيث يتم خلط البردى مع الماء والغراء الحيوانى (غالباً) ثم يغطى بالجبس ويرسم عليه ويكون الجسم الملون هـــو الجـــزء الظاهـــر ويخـــتفى الـــبردى أسفله (بما يشبه الأقنعة المستخدمة فى الاحتفالات حالياً).

ويقسم الكارتوناج إلى:

- الصدريات (أغطية الصدر).
- المآزر (أغطية الأقدام).

وأحـــياناً يقسم إلى الأقنعة (Masks) وأغلفة الجسم وأغلفة الأقدام، ومن خلال الاختـــبارات وجـــد أن غـــلاف الكارتوناج لا يلف مباشرة حول المومياء كما كان يفـــترض أحـــياناً بـــل فى الغالب كانت توجد طبقات من الملاط الخشن أو الملاط الطيـــنى الأملـــس ثم يزخرف، وكانت تزين بالرسوم والنقوش وفى بعض الحالات

كانت أجزاء منها تطلى بالذهب. وقديماً كان يتم استخلاص الوثائق بواسطة علماء البردى لدراسة النصوص المكتوب عليها وترجمتها وغالباً ما كان يتم تدمير طبقة الملاط وعليها الرسوم، ولكن الآن لم يعد هذا مقبولاً لأهمية تلك الرسوم والنقوش ولا يمكن التضحية بطبقة الملاط إلا إذا كانت حالته ميئوساً منها.

مكونات طبقة الملاط :

قام لوكاس بتحليل العناصر الكيميائية الموجودة فى طبقة الملاط المصرى القديم ووجد أنها تتكون أساساً من كربونات الكالسيوم Calcium Carbonate بجانب وجود كميات صغيرة من السيلكا والماغنسيوم والألومنيوم والحديد، وأثبتت التحاليل بواسطة الأشعة السينية X-Ray Diffraction أن الملاط يتكون من كربونات الكالسيوم الذى يحتوى على بعض المواد الغروية مثل الصمغ العربى والتى ربما استخدمت للصق طبقات البردى أو للصق طبقة الجسو والبردى معاً. وغالباً مادة اللصق المستخدمة كانت من الغراء الحيوانى حيث كان يصنع بصفة أساسية عند المصريين القدماء من أجزاء معينة من الحيوان تحتوى على مادة الجيلاتين مثل العظام والجلود والغضاريف والأعصاب، أو ربما كانت غراء الكازين الذىكان مستخدماً أيضاً عند المصريين القدماء، وهذا يثبت أن المادة الرابطة غالباً فى الكارتوناج من الغراء الحيوانى وربما استخدام الصمغ العربى أحياناً. ومعرفة نوع الغراء المستخدم وتركيبه يساعد كثيراً فى استخلاص البردى من الكارتوناج واستخدام مواد تحلل هذا الغراء.

المحاولات الأولى لاستخلاص البردى من الكارتوناج:

دائماً ما تؤدى عملية استخلاص البردى من الكارتوناج إلى خسائر فى طبقة الجسو (السطح الملون) وهذا يعتبر تضحية كبيرة، ولذلك كانت الأبحاث الدائمة للحفاظ على هذه الطبقة، ومن الطبيعى أن يكون أول من ابتكر طرق للحفاظ على طبقة الجسو القائمون بصيانة وترميم الصور الجدارية، ويعد Zimmermann أخصائى ترميم صور جدارية أول من حاول تطبيق طرق للمحافظة على سطح الجسو من التهشيم عندما كان يعمل فى ترميم صور جدارية فى قرية مسيحية بسويسرا، ثم تطورت طرق فصل السطح الملون من منطقة الصدريات والقدم من الكارتوناج، وكانت النتائج مشجعة، وقد نجح كل من Harrauer & Stohler 1979 فى فصل ستة عشرة قطعة من ثمان عشرة قطعة كرتوناج، وتعتبر هذه نتيجة مرضية إلى حد كبير، وذكر Wendelbo أنه وجدت أكثر من أربعمائة وعشرين طريقة لاستخلاص البردى من الكارتوناج وقد تم تدمير العديد من البرديات وكذلك

الســـطح الملـــون. وبصفة عامة كانت المحاولات القديمة تعتمد على استخدام الماء سواء الماء العادى أو المغلى أو البخار وأحياناً كانت تستخدم الأحماض مثل حمض الأســـيتيك والهـــيدروكلوريك وغيرها من الأحماض. وفيما يلى طرق استخلاص البردى من الكارتوناج:

أولاً: الطريقة الرطبة لفصل البردى من الكارتوناج:

وهـــذه الطريقة تعتمد فكرتها على إعادة المحتوى الرطوبى للبردى المستخدم ليســـهل فـــك هـــذه الطبقات المتلاصقة وأهم ما يعوق نجاح هذه الطريقة هو عدم الـــتحكم فـــى نسبة الرطوبة المستخدمة فوق المنطقة المعالجة، ومن أهم المعالجات التى تمت بهذه الطريقة ما يلى:

1- اســـتخدم فاكلمان فى فيينا حمام من الماء الدافئ + 10% حمض خليك لإزالة كارتونـــاج المومـــياء حيث يذوب الغراء بهذا المحلول ثم يسهل بعد ذلك رفع قطـــع البردى خارج الحمام، وتنظيف قطع البردى باستخدام الماء ويتم غسلها جـــيداً من الباقى من حمض الخليك ثم يتم تقويتها بمحلول السيليلوز، وقد ذكر Cockle أن اســـتخدام الأحماض أثناء عملية الاستخلاص بهدف إزالة الغراء يعتـــبر من العوامل المتلفة لطبقة الجسو الخارجية التى تغطى سطح المومياء كمـــا أن الباقى من الحمض يهاجم البردى ويدمره، واعتبر أن عمليات العلاج الـــتى يســـتخدم فـــيها أحماض من المعالجات المتلفة للكارتوناج. وتعتبر هذه الطريقة من الطرق المتلفة لطبقة الكارتوناج.

2- قدمـــت طـــريقة لاســـتخلاص الكارتونـــاج للمنظمة الدولية لعلوم البردى فى نيويورك سنة 1980، ويمكن عرض الطريقة كالتالى:

- التسجيل: فى البداية يتم تسجيل قطع الكارتوناج فوتوغرافياً.
- التنظيف: تزال الاتساخات والرمال الموجودة على أغلفة الكارتوناج ميكانيكياً باستخدام فرش ناعمة، ومن الملاحظ أن لون غلاف الكارتوناج غالباً ما يكون لونـــه أ؛مر نتيجة لوجود كمية كبيرة من أكسيد الحديدوز FeO، ولتنظيف هذا اللـــون يـــتم التـــندية بالأسيتون وليس الماء الذى يمكن أن يؤثر على السطح الملون.
- التثبيت: ويتم تثبيت السطح باستخدام محول مخفف من الماء المضاف له نسبة مـــن (4% بلانـــتول Planatol PP + 7% ماء) ويستغرق الجفاف حوالى 6 ساعات، ويمكن أن يتم حشو الأماكن التى أصابها الهبوط بنسيج مبتل.

- الغطـــاء الكتانى: ويستخدم الشاش اليابانى أولاً ثم يستخدم بعد ذلك فرخ رفيع من القماش القطنى مع نفس الخليط السابق (البلانتول 4% + الماء 7%) وإذا أردنـــا نزع الغطاء الكتانى من منطلقة الرأس فى الكارتوناج يكون أفضل أن يمتد الشاش أو القماش القطنى لمسافة 3–4 سم فوق حافة الكارتوناج من كل الجوانـــب والانتظار حتى الجفاف، ويتم قطع الكارتوناج إلى نصفين بواسطة مقــص حاد، فيقطع النصف الأعلى من الجسم من الكتف إلى الكتف ومنطقة الرأس فتقطع من جانب الأذن وحتى الوصول إلى قمة الرأس، ولإعداد القالب يستخدم لتجهيزه سائل رغوى.
- فصــل الســطح الملــون عــن البردى: وهى أكثر المراحل صعوبة فيترك الكارتونـــاج فـــى قالبه الرغوى ويوضع فى ماء دافئ درجة حرارته 60 0م حـــتى يلين الكارتوناج وقد تستغرق هذه العملية 90 دقيقة ويؤثر سمك طبقات الـــبردى فى الزمن اللازم حتى تلين قطع الكارتوناج، ويفضل تغيير الماء كل 10–15 دقـــيقة، وبعـــد نـــزع الكارتوناج من الماء يكون من الممكن تحريك طبقات البردى السفلية من تحت غلاف الكارتوناج، ويبدأ بالأماكن القريبة مثل مـــناطق القدم الأمامية، ويتم العمل بالتدريج ومن كل الجوانب حتى الوصول لـــنقطة المركز، وبعد ذلك تكون طبقات البردى قد تم فصلها تماماً من داخل الكارتونـــاج ومن الممكن أن تفصل وبدون صعوبة، ويترك الكارتوناج حتى يجف تماماً قبل استخدام دعامة جديدة ربما يستغرق (8 ساعات).
- إعـــداد دعامة جديدة: وتتكون الدعامة الجديدة من طبقتين من النسيج اليابانى Japanese Tissue، ويقطـــع علـــى هيـــئة مثلثات وتلصق ببعضها باستخدام البلانتول المخفف بالماء (4–7) والتأكد من عدم وجود فقاعات هوائية ويترك الكارتوناج فى القالب لمدة 12 ساعة حتى يجف تماماً.

إزالة الغلاف الكتانى المغطى للسطح: باستخدام الأسيتون ليحل المادة اللاصقة المســـتخدمة، ولابد من الحذر الشديد عند استخدام الأسيتون حتى لا يترك أثراً على السطح، أما الكارتوناج فيجب أن يحشى داخله بورق أو مطاطاً Paper or Rubber Foam كدعامـــة قـــبل تحـــريك الغلاف الكتانى، وبعد ذلك تجمع قطع الكارتوناج ببعضها.

وقـــد ذكـــر Moehler أن هـــذه الطـــريقة أعطت نتائج مرضية، ومن الممكن اســـتخدامها لاستخلاص البردى من الكارتوناج، وهى قابلة للإضافة والتغيير، ولكن من عيوب هذه الطريقة أن الماء له العديد من المخاطر مثل إصابة السطح الخارجى

بالـــبلل والضـــعف، وقد ينتج عنه هبوط، وإذا لم يسيطر على هذه الطريقة قد تؤدى لتلف الغلاف الكارتوناجى بأكمله.

وقـــد رفـــض Jaescke استخدام الرطوبة لأن استخدام الرطوبة فى حد ذاتها سواء بالبلل المباشر أو بوضع غلاف الكارتوناج جزئياً أو كلياً فى جو رطب فهذا يجعـــل مســـاحات كبيرة تلين مما يضعف البنية الداخلية، وربما يتحول الكارتوناج لعجيـــنة، وإن نجحـــت هـــذه الطـــريقة فسوف تؤدى لتلف مستقبلى، كما إن شكل الشروخ والحواف المتكسرة تأخذ أشكالاً أخرى نتيجة لتعجنها.

كمـــا إن زيـــادة البلل تؤدى لوجود ضعف وهشاشة مما يعرضها للتلف لو تم لمســـها بالـــيد أثـــناء العلاج، وإذا لم يضاف مضاد فطرى ربما يتكون العفن على السطح أو حتى داخل الطبقات نفسها، وكل ذلك يضعف من بنية الكارتوناج ويكون له أضراره على المرمم.

وفـــى بعض الأحيان تنجح عملية إعادة تشكيل الكارتوناج باستخدام الرطوبة، ولكـــن بمجرد جفاف الكارتوناج يصبح هشاً جداً وسهل الكسر، وهذا يحتاج لدعامة طبيعـــية Physical Support لحفظه من السقوط المستقبلى، ومن هنا يلاحظ مدى خطورة استخدام الماء، وقد حاول بعض العلماء تجنب أخطار الماء واستبدلوا الماء بـــأحد المحالـــيل القاعديـــة والتى تساعد على تقليل الوقت وتجنب مخاطر استخدام الماء.

ثانياً: فصل السطح المكون ميكانيكياً:

يفضل Paintaudi فصل السطح الملون ميكانيكياً، ويتم وضع القطع المتشابهة من أوراق البردى أسفل لوح زجاجى، أو يتم نقله على حامل جديد. ولذلك لابد من اختـــيار مـــادة مناســـبة للحفـــاظ علـــى ســـطح الكارتوناج المحتوى على الألوان والـــزخارف، وقـــد استخدام Fackelmann طريقة Leim Strappo المستخدمة فى نـــزع الصـــور الجدارية لنزع الطبقة الملونة ووضعها على حامل، وتستخدم هذه الطـــريقة مع الطبقات الملونة الرقيقة مع استبعاد وسائل الترطيب أثناء النزع، وفى الوقـــت الحـــالى تستخدم طريقة (Leim Strappo) فى حالة نزع الطبقات الملونة الرقـــيقة وأمكن بواسطتها لفصل تماماً بين طبقة ملونة قديمة وأخرى حديثة، وهى نفـــس المشكلة فى نزع الطبقة الملونة الرقيقة من كارتوناج البردى والتى قد تصل إلـــى 1 المواطنة التنظيمى فقط من مونة ناعمة جداً على أفرخ البردى، ونجد على هـــذه الطـــبقة ألـــوان مائـــية ومادة رابطة على حامل من الرمل والحجر الجيرى والجبس والبردى أسفل هذه الطبقة، وبالتالى تستبعد وسائل الترطيب أثناء النزع أو

الفصل بين الطبقتين (البردى والطبقة الملونة) ويجب أن يكون خط الفصل فى منتصف سمك الطبقة الملونة، وتتميز طريقة Leim Strappo أنها سهلة التنفيذ، وفيما يلى مراحل الطريقة:

1- التنظيف السطحى للرسومات بواسطة فرشاة رفيعة أو خشنة أو مشرط، وكذلك التنظيف بالمسح بأستيكة (Wish ob Schwann)، وفى حالة الاتساخات المتكلسة الصلبة يمكن الاستخدام الموضوعى لنقط من صابون الأمونيوم أو تستبدل بحمض ليمونيك مخفف جداً.

2- تثبيت الألوان بواسطة السيليلوز الذائب فى الكحول (Klucel G) هيدروكسى بروبيل سيليلوز والذى يتميز بالنفاذية العالية بسبب الوسيط المستخدم أى الكحول، ويقوم السيليلوز بتثبيت حبيبات الألوان المختلفة المفككة وغير المرتبطة بجانب بعضها البعض مما يعطى مرونة للحبيبات الملونة، ونظراً للبخر السريع للكحول لا يحدث حركة أو انفصالاً للألوان.

3- يتم تطبيق صمغ أو غراء ساخن على الرسومات مخلوط بالماء بنسبة (1-1) ويتم تطبيقه بواسطة فرشاة، ويوضع فوقها طبقة من الورق اليابانى متوسط القوة ثم يتم لصق طبقة من الكتان على طبقة الورق اليابانى، ويتم توزيع الصمغ بواسطة الأصابع ويجب أن يأخذ الكتان جميع التفاصيل للشكل المراد نزعه (خاصة فى غطاء الوجه)، وذكرت Margot أنه يمكن استخدام الشاش اليابانى Japanese Tissue أو البولى استر وتثبيته بواسطة السيلكون أو تثبيت الطبقة باستخدام البلانتول أو ابالرالويد ب 72 فى الأسيتون، ويؤخذ فى الاعتبار ألا يتغلغل اللاصق إلى طبقات البردى لأن ذلك يجعل طبقات البردى تلتصق بقوة مع هذه الطبقة العازلة، ويراعى أن تغطى الأماكن المكشوفة من البردى بمسحوق من البودرة حتى تمنع الكتان المثبت من الالتصاق المباشر بالبردى. وخلال فترة الجفاف يحدث انكماش كبير فى الغراء ينتج عنه انفصال واضح للطبقة الملونة المثبتة على حامل الورق الياباني والكتان، وأحياناً يكون من الضرورى فى هذه الحالة السحب البسيط لطبقة الكتان، وهذا التأثير يمكن مشاهدته بواسطة الأشعة تحت الحمراء، وعادة يتم التقوية بعد ذلك ويحدث الانفصال فى المنتصف القطعة لأن المسامية هنا تكون أعلى ما يمكن ثم يتم فك البردى المقوى وتنظيفه.

4- يتم تثبيت طبقة الرسومات كاملة والموجودة على الورق اليابانى والكتان على حامل جديد وبعد جفاف اللاصق يوضع الأثر كاملاً لمدة 10 دقائق فى

درجـــة حرارة 70 oم فى حمام مائى لفصل وإزالة الكتان والورق اليابانى بسهولة.

النتـــيجة النهائية رسومات كاملة مثبتة على حامل من الكارتون مقواه بواسطة السيليلوز ويمكن استخدام هذه الطريقة مع المومياوات المصرية الملونة، وكذلك مع الرســـوم الموجودة على القطع المسطحة مثل الأوانى الكانونية أو الصدريات، وأهم مـــا يمـــيز هـــذه الطـــريقة أن البردى المقوى لا يتأثر بالرطوبة، ويتم العلاج فيها بصورة يدوية.

ثالثاً: استخلاص البردى من الكارتوناج بواسطة الأنزيمات:

لا يوجـــد اعـــتراض علمـــى على استخدام الأنزيمات البروتينية لاستخلاص الـــبردى مـــن الكارتونـــاج، ويرجع ذلك إلى أن البردى كنبات يتكون فى تركيبه الداخلى أساساً من السيليلوز والهيمسيليلوز واللجنين، وهذه المواد تكون خاملة نسبياً عـــند اســـتخدام الأنـــزيمات، والذى يتأثر باستخدامها نسبة قليلة جداً قد تصل إلى 2% : 3% مـــن البروتيـــنات. والجدير بالذكر أن Wendelbo كان رائد استخدام الأنـــزيمات فى استخلاص البردى من الكارتوناج، وكانت اكتشافاته التى قدمها إلى مـــنظمة الـــبردى العالمية فى أكسفورد 1974، قد رفعت من قيمة استخدام طرق الأنـــزيمات فـــى اســـتخلاص البردى. وقبل استخدام الأنزيمات يجب إجراء عدة اختـــبارات معملـــية علـــى هـــذه الأنـــزيمات قبل استخدامها نظراً لأن بعض هذه الأنـــزيمات مـــن الممكـــن أن تعرض من يلمسها إلى مخاطر صحية، فهى تسبب أمراضاً كثيرة مثل الربو.

الفكرة الأساسية لاستخدام الأنزيمات:

تعـــتمد الفكـــرة على استخدام أحد الأنزيمات المضادة للغراء المستخدمة سواء كـــان غـــراء حيوانياً أو نباتياً، وإن كان الغراء الحيوانى أكثر استخداماً حيث يقوم الأنـــزيم بمهاجمة اللاصق المستخدم مع الكارتوناج دون أن يؤثر ذلك على البردية أو الحبر، ومن هنا فإن معرفة نوع اللاصق (الغراء) المستخدمة هامة جداً لاختيار نوع الإنزيم المناسب.

ومن أهم مميزات استخدام الأنزيمات هى سرعة ما يتم إنجازه باستخدامها عن اســـتخدام الكـــيماويات الأخـــرى والتى من الممكن أن تنجز نفس العمل خلال أيام وأسابيع. وإذا نظرنا إلى بعض الأنزيمات التى تستخدم فى عملية فصل البردى من الكارتوناج مثل إنزيم التريبسين Trypsin نجده يحتوى على مجموعة من العناصر مـــثل Ester, Amides & Hydroloyses Peptides وهـــذه العناصر تحتوى على

مجموعة كربوكسيل بداخلها، ونجد أن الغراء الحيوانى الذى من مادة الكولاجين أو الكازين يحتوى أيضاً على مجموعة الكربوكسيل بجانب مادة Lysine or Arginines التى توجد فى كل من إنزيم التريبسين والغراء. ويعتبر إنزيم كيموتريبسين Chymotrypsin هو أكثر الإنزيمات المشابهة لإنزيم التريبسين من حيث العناصر المحتوى عليها ونوع الروابط.

ولذلك يفضل أثناء عملية فصل البردى استخدام الإنزيمات التى تحتوى على مجموعة الكربوكسيل (OH-) مثل أنزيم Phenylanine & Tyrosin، وإن كان النوعان مختلفين نوعاً ما ولكنهما يشتملان على الأحماض الأمينية التى توجد أيضاً فى مادة الجيلاتين والكازين. هذا وقد تمكن Ex-Juvantibus من إثبات أن اللواصق المتكونة من البروتين وغراء الكولاجين والكازين كانت مستخدمة قديماً والتى من الممكن مهاجمتها بالأنزيمات فقد قام باختبار إنزيم التريبسين وإنزيم البنكرياس Novo ويلاحظ أن نشاط إنزيم Trypsin, Novo يكون من (5−11) أس هيدروجيني (pH = 5-11) ويكون الحد الأقصى للنشاط pH = 8 وذلك فى درجة حرارة 40 oم فى حمام مائى.

تطبيق استخلاص البردى من الكارتوناج إنزيمياً:

- أولى المحاولات كانت عام 1960 حيث استخدم ستانلى بيكر Stanley Baker محلولاً من Pepsin لتكسير الغراء المستخدم بين طبقات الكارتوناج.
- ثم كانت المحاولات والمعالجات الرائدة التى قام بها ثىيثملاخ حيث استخدم إنزيم Trypsin لفصل صفحات من الكتب الملتصقة ببعضها.
- وفى عام 1974 قام Wendelbo بعلاج 6 كسر من بردى الكارتوناج من مجموعة Sam Eiltren بواسطة الإنزيمات لعرضها فى منظمة البردى العالمية فى أكسفورد وتم العلاج باستخدام إنزيمات التريبسين Trypsin والبنكرياس Novo وكانت أحد هذه العينات تحتوى على طبقة قوية من الجسو وأربع طبقات من البردى الملتصق ببعضه، وكانت طبقات البردى الأربع تحتوى على كتابات وكانت المعالجة مرضية إلى حد كبير.

الطريقة المستخدمة:

يتم وضع كسر الكارتوناج فى المحلول، ويبدأ فك الجسو وظهور النص المكتوب على البردى بعد مدة 5−10 دقائق من الغمر، وممكن أن تستغرق عملية الفصل وقتاً أطول نسبياً من 10−15 دقيقة، وإذا كان البردى ملتصقاً بشدة أكبر يمكن استخدام سكين غير حاد ليساعد فى عملية الفصل، ويتوقف التأثير الإنزيمى

عـــند الغسيل فى ماء الصنوبر العادى، وبعدها تترك كسر البردى لتجف، وتوضع بيـــن ورق نشـــاف تحت مكبس أو ثقل، وبعد تمام الجفاف يمكن وضع البردى بين لوحين من الزجاج حتى تمام فرده. ومن أهم النتائج التى توصل إليها Wendelbo أن اســـتخدام الإنزيمات المحللة للبروتين مثل (Chymotrypsin & Trypsin) ليس لهـــا آثـــار ضارة على ألياف البردى، والمعالجة لم تظهر أى تغيرات أو تأثيرات مـــتلفة ســـواء على النص أو على مادة البردى نفسها بعد استخدام الإنزيمات. وقام بفحـــص بعـــض الكســـر الـــتى تم معالجتها بالإنزيمات باستخدام الميكروسكوب الإلكـــترونى ولـــم يجـــد أى تأثير متلف على بنية البردى الداخلية حتى أن الخلايا النباتـــية بعـــد المعالجـــة تصبح محتفظة بنفس شكلها وقطرها كما كانت عليه قبل المعالجة الإنزيمية.

ثـــم قـــام باختبار أدق التفاصيل بين عينة بردى معالجة إنزيمياً وأخرى غير معالجة بالميكروسكوب الإلكترونى الماسح وأمكن رؤية الخطوط الخارجية المحددة للخلايـــا النباتية، وهنا لم يظهر أيضاً أى تغيير ملحوظ بالرغم من أن حجم وشكل الخلايـــا النباتـــية أظهـــرت قابلية كبيرة للتغيير إلا أن شكل الحوائط المحيطة بهذه الخلايـــا كانت متشابهة إلى حد كبير فى العينتين، كما أظهرت الدراسة عدم وجود أى تغـــيرات جوهرية بين البردى المعالج والبردى غير المعالج والتغير يظهر فقط فى السطح الخارجى بدون تأثير متلف على البنية الداخلية للبردى.

وكانـــت النـــتائج دائمـــاً تثبت أن العينة غير المعالجة تحتوى على العديد من حبيـــبات الغـــراء اللابلورية تحيط بالألياف السيليلوزية لنبات البردى، وعكس ذلك يكـــون الوضـــع بعـــد المعالجـــة الإنزيمية حيث تظهر ألياف البردى أكثر نعومة ووضـــوح، مع اختفاء حبيبات الغراء اللابلورية، وأثبت الميكروسكوب أن الخلايا النباتـــية بعد المعالجة تصبح أكثر وضوحاً، ولم يظهر عليها أى نتائج سلبية، وهذا علـــى عكس الحال عند استخدام المعالجات الكيميائية أو المذيبات العضوية وغيرها مـــن الوســـائل الســـابقة. بعـــد ذلك تمت دراسة عام 1981 لتأثير الإنزيمات على الكارتونـــاج الجصـــى وذلك بمقارنة بين المعالجة باستخدام إنزيم Trypsin وعدم استخدامه على قطع من الكارتوناج، وبمقارنة النتائج أثبتوا عدم وجود اختلاف بين إضـــافة Trypsin أو عـــدم إضـــافته، إلا أنه بدراسة التحليل الطيفى لأحد العينات المعالجة وغير المعالجة وجد تغير فى قمم الارتفاعات، وهذا يدل على أن استخدام الإنزيمات كعامل منشط Biological Active.

وقد ذكرت Margot تكنيك استخلاص البردى من الكارتوناج باستخدام الإنزيمات كالتالى:

- تتضمن الطريقة جهاز غمر (حمام مائى) له ثروموستات ويتضمن داخله وعاء زجاجياً لوضع المحلول الإنزيمى بداخله ويتم نشر المحلول الإنزيمى داخل الوعاء بواسطة مضخات، ويفضل تغير المحلول إذا تغير لونه، ويراعى عند وضع المحلول الجديد أن يكون فى نفس درجة الحرارة وأحياناً يكون تغيير المحلول أمراً حتمياً، فى بعض الحالات تكون داخل مادة الكارتوناج مادة سامة واستخدام محلول نقى جديد يخفف من وطأة هذه المشكلة.
- ويراعى ألا يتم وضع كسر الكارتوناج مباشرة فى المحلول الإنزيمى بل يجب أن ندعمه بشبكة من النيلون، وهذه الشبكة يمكنها أن تتماسك فوق الحمام الإنزيمى، وأيضاً تمكن المحلول من التغلغل فيها لأقصى درجة، وأيضاً من الممكن أن تغمر كلية فى المحلول، وتستغرق مدة الغمر 10–20 دقيقة، ويكون ذلك فى نفس الوقت الذى يتم فيه تدعيم البردى، أما عن طبقات الجسو فيتم نقلها بواسطة آلة مسننة الحواف.
- بعد نقل البردى من الحمام الإنزيمى يتم شطفه جيداً بالماء، ثم يتم وضع البردى على ورق الترشيح Filter Paper بين طبقتين من شبكة النايلون.
- ثم يتم وضع الجميع فى طبق زجاجى مائل حتى يتسرب الماء الموجود بداخله وبعدها يجفف البردى بوضعه بين ورقتين من الورق النشاف، ويوضع تحت مكبس ليمنع تقوس البردى بعد الجفاف.
- وبعد فصل البردى يجفف الجسو ببطء حتى تبقى به نسبة رطوبة ضعيفة، ولتدعيم الجسو يمكن استخدام الورق اليابانى ويمكن استخدام لاصق نشوى ليتم وضع الورق اليابانى أسفل قطع الجسو باستخدام اللاصق النشوى، هذا مع استخدام طبقات من الكتان المبلل، وهذه طريقة لمنع وجود فقاعات هوائية، وهنا يراعى الملامسة التامة والمستمرة بين طبقات الشاش والجسو بواسطة الأصابع.
- بعد تثبيت الشاش وتمام الجفاف من أسفل يتم عرض القطع لبخار كحول أبيض حوالى 30 دقيقة تقريباً مع استخدام فرشاة ناعمة لرفع جانب واحد من الشاش الملصق بالوجه، وإذا وجدت بقايا صمغية ملتصقة بالسطح الملون يتم إزالتها بواسطة فرشاة.

- تلـــى ذلـــك العديد من المحاولات التى قام بها Jacobsen للوصول لأقل تكلفة وأن تتم عملية النزع بدون استخدام محاليل أو غرفة حرارية.
- وأهـــم هـــذه المحـــاولات استخدام إنزيم (Novo) المستخدم فى دباغة الجلود لإعـــادة مـــرونة الكولاجيـــن للجلد، وقام بمعالجة قناعين أحدهما قناع كامل والآخر خلفية رأس مفقودة.

وذكـــر أن اللواصـــق المســـتخدمة فى الكارتوناج مع طبقات البردى إما من الغـــراء الحـــيوانى أو لاصـــق نشوى أو صمغ راتنج، وتتميز هذه اللواصق بأنها ســـريعة الاستجابة للإنزيمات، يلى ذلك طريقة التجفيف بالتبريد (Freez-drying) (تجمـــيد البردى الرطب) وبعدها يصبح البردى متماسكاً ويمكن نقله للمعامل حيث تـــتم عملـــية الترميم له، وذكر أنها أفضل الطرق للحفاظ على الأحبار على أسطح الكارتوناج المزخرف.

ويرى بعض العلماء أن استخدام الماء المقطر والبخار والأحماض يعتبر أدنى مرتـــبة مـــن الطـــريقة الإنزيمية، وقد استخدموا الماء العادى وأعطى نتائج جيدة، ويـــرجع الســـبب فـــى ذلك إلى أن طبقات الجسو التى كانت موجودة على البردى رقيقة جداً، ومن المحتمل أن يكون اللاصق المستخدم من مادة عضوية يسهل على المـــاء أن يـــتخلل فـــيها ويكســـر الروابط الموجودة بها، ولا يرفض استخدام هذه الطريقة طالما أنها تعطى نتائج مرضية ولا تضر بمادة البردى.

وقـــد ذكر Pantaudi تكنيكاً لترميم البردى المستخلص من الكارتوناج بوضـــعه داخـــل قطعة قماش من القطن بحيث تثبت وتكون قطعة القماش مثل الشـــبكة لقطع البردى ثم تغمر بعد ذلك فى ماء بارد من أجل إزالة آثار الغراء القديمـــة وتكـــرر عملية الغمر أكثر من مرة مع تغيير المياه حتى تصبح المياه نظـــيفة ولا تـــتحول إلـــى اللون الأصفر الباهت الناتج من أثر الغراء مع كمية الجير المتفحم.

باســـتخدام مشرط وفى اتجاه الألياف يتم محاولة كشط الغراء الذى لم تتم إذابته وتجمع قصاصات البردى مع بعضها بقدر الإمكان على ورقة بيضاء أو كـــرتونة. ووضع ثقل فوقها مع تغيير الورقة كل 4–5 ساعات طالما أنها غير جافـــة تمامـــاً ثم توضع القصاصات بعد تجميعها بين لوحين زجاجيين. ويمكن تقوية ورقة البردى وإعطاء لمعان للكتابة بإمرار فرشاة بها محلول مخفف من الماء والصمغ العربى.

قراءة النصوص من سطح الكارتوناج:

فى عام 1917 ذكر جرينفل Grenfell مادة فعالة استخدمت لقراءة نصوص الكتابة من سطح كارتوناج المومياء كالتالى:

- يؤخذ عدد من الوثائق ذات الأهمية مع تجميع القطع المتجانسة من النصوص مع بعضها البعض والتى سبق معرفة محتوياتها، ومعظم هذه القطع كان من الصعب قراءاتها بسبب البلاستر والغراء، ولكن بعد علاجها باستخدام البرافين النقى الذى يحتوى على كمية ضئيلة من الأحماض، وهى مادة فعالة تعمل على استعادة الأحبار الباهتة من برديات الكارتوناج.
- اعتاد فاكلمان على إزالة البقع السوداء من الكارتوناج باستخدام قطعة من القطن مبللة بالبنزين مع مراعاة الحرص أنها مسببة للسرطان ويجب ارتداء قناع واقى عند استخدامها وعدم لمس القطن مباشرة باليد واستخدام ملقاط لهذا الغرض.

9- استخدام الإنزيمات فى الترميم:

استخدم الترميم بالإنزيمات عام 1970 عند حدوث تلف للعديد من الكتب بسبب الماء فى مكتبة جامعة بيرجن، وقد استخدم إنزيم التريبسين Trypsin كمشرط إنزيمى The Enzymatic Scalpel لإعادة فتح الكتل المتصلبة للكتب التالفة بالماء.

وعلى مر السنين تم اكتشاف أن المعالجة بالإنزيمات تصلح لحل مشاكل الترميم الأخرى، فعلى سبيل المثال تم فصل الورق الملتصق بإحكام بغراء أو بعجينة النشا، وتم معالجته باستخدام إنزيمات التحلل البروتينى. كما أعطت المعالجة بالإنزيمات نتائج جيدة فى فصل العديد من الوثائق التاريخية الملتصقة ببعضها من أغلفة الكتب المستخدمة فى القرنين السادس عشر والسابع عشر الميلادى، هذا إلى جانب أهميته فى نزع البرديات الأثرية من كارتوناج. وتأتى الأهمية الكبيرة للإنزيمات من أن الحياة نفسها مرتبطة بردود أفعال الإنزيمات ومنذ مائه عام لم نكن نعرف إلا القليل عن الإنزيمات وكيفية عملها، والمثير للاهتمام أنه لمئات السنين وحتى بداية هذا القرن كانت مخلفات الطيور والكلاب... الخ تستخدم لتجعل جلود الحيوانات وبشرتها ناعمة ومرنة، وكان يتم معالجة الرق المعد للكتابة عليه بهذه الطريقة، ووجد فى المخلفات هذه إنزيمات تحلل بروتينى والتى تعطى البشرة الجودة المطلوبة مثل الترايبسين.

أ – تعريف الإنزيمات:

مـــواد معقدة، غالباً ما تشبه البروتينات فجميع الأنزيمات التى أمكن استخلاصها تتمـــيز بخـــواص بروتينـــية، وعلـــى ذلك أمكن اعتبارها مركبات بروتينية، وتعتبر الإنزيمات من المركبات غير الثابتة حيث تفقد فاعليتها بعد تحللها شأنها فى ذلك شأن البروتيـــنات. وتعتـــبر عوامـــل مساعدة تعمل على زيادة سرعة التفاعلات الكيميائية الحـــيوية بســـرعة ألـــف بلـــيون إلـــى تريليون مرة، وذلك بالمقارنة مع سرعة هذه التفاعلات فى حالة عدم وجود عوامل مساعدة.

ولأنها بروتين فإنها تختلف عن معظم عوامل التحفيز الأخرى فى أنها تختص بتفاعل كيميائى واحد فقط وأنها تتأثر بعوامل حساسة فى التفاعلات مثل الحموضة (pH) والحـــرارة... الـــخ، وهى تعمل عن طريق الاتحاد مع جزيئات المادة التى تؤثـــر علـــيها مكونـــة مركـــب مـــن الإنزيم ومن المادة التى تؤثر عليها. ويمكن للإنـــزيمات أن تهاجم مركبات معينة دون أن تتحطم هى نفسها وتعمل على زيادة ســـرعة الـــتفاعلات الكيميائية دون أن تستهلك فيها إذ تحتفظ بطبيعتها وكميتها فى نهايـــة التفاعل وهذا يعنى أن كمية متغير من الإنزيم يمكن أن تستخدم مرة أخرى لمـــرات عديدة. أى إن الإنزيمات عبارة عن بروتينات تتكون من سلاسل حامض أميـــنى أو أكـــثر وتقســـم إلى مجموعتين أحدهما إنزيم بروتينى بسيط، والأخرى إنـــزيمات تحـــتوى بالإضـــافة للبروتين على مجموعة نشطة تسمى Prosthetic Group أو Active Group. وبروتيـــن الإنـــزيم وحـــدة منفصل عن الإنزيم غير النشـــط بـــدون تلك المجموعة النشطة ويسمى المركب الفعال عادة بالإنزيم الكامل Holoenzyme ويصـــل الـــتفاعل إلـــى مرحلة التوازن فقط إذا كان بالجزئ طاقة تنشـــيط كافية لتكوين مركب نشط. ويبدأ الإنزيم التفاعل مع المادة التى يؤثر عليها وضع يسمى نموذج (التعاشق) القفل والمفتاح (Lock & Key Model).

ب– الإنزيمات المحللة للبروتينيات:

تـــتغذى الكائنات الدقيقة على المواد العضوية عن طريق هضمها ولكن تختلف عملـــيات الهضـــم بها عن تلك التى تتم فى الحيوانات الراقية، فدائماً ما تكون عملية هجـــوم الكائـــنات الحـــية الدقيقة عملية هجوم كيميائى حيث تستخدم الكائنات الدقيقة الأحمـــاض والأنـــزيمات فى تكسير المواد التى سيتم هضمها، وتخرج هذه الكائنات عصائر هاضمة يمكنها إذابة بعض المكونات البسيطة التى من الممكن أن تمتص بعد ذلك لتستخدمها فى بناء نسيجها، أما المواد الأكثر تعقيداً كالبروتينات فتتطلب معالجة أكـــثر شـــدة وتخصصـــاً وذلك حتى تصبح سائلة وغالباً ما يدل هذا على المهاجمة

باستخدام الإنزيمات، وينتج عن التحليل الإنزيمى للبروتينات تكسر للروابط الببتيدية بين الأحماض الأمينية المكونة لجزئ البروتين لتعطى المركبات الآتية: [بروتين ← ببتونات ← ببتيدات عديدة ← ببتيدات ثنائية ← أحماض أمينية].

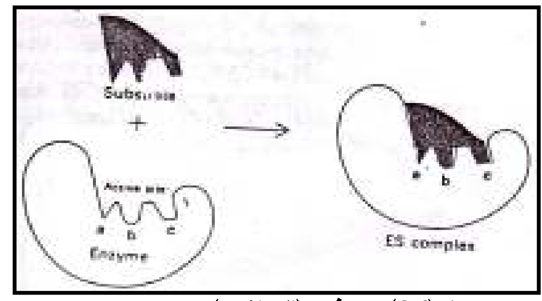
ج- طبيعة عمل الإنزيم:

وكما هو معروف فى التفاعلات الكيميائية فإن المواد المتفاعلة لابد أن تنشط قبل الدخول فى التفاعل، وهذا يتطلب قدراً من الطاقة يطلق عليه "طاقة التنشيط" وعمل الإنزيم أو أى عامل مساعد آخر هو إتمام التفاعل بأقل كمية ممكنة من الطاقة، وحين تقل كمية طاقة التنشيط اللازمة للجزئ، فإن عدداً أكبر من الجزيئات ينشط ويدخل فى التفاعل الذى تزداد بذلك سرعته.

ويفسر طبيعة عمل الإنزيم وتنشيطه للتفاعلات الكيميائية رأيان: الأول يعتبر الإنزيم تبعاً لطبيعته الغروية يجذب المواد المتفاعلة إلى سطحه بخاصية التجمع السطحي ليصبح الاتصال بينهما ميسوراً ومن ثم يسهل سير التفاعل. والرأى الآخر يعتبر أن الإنزيم يدخل مع مادة تفاعله فى اتحاد كيميائى مكوناً مركباً مؤقتاً، ينشط بكمية ضئيلة من الطاقة، وبعد ذلك يتحلل هذا المركب المؤقت إلى نواتج التفاعل. وينطلق الإنزيم ليعيد نفس الدورة مع جزء جديد من مادة تفاعله.

الإنزيم + مادة التفاعل ↔ مركب مؤقت ← نواتج التفاعل + الإنزيم

وبذلك تساعد الإنزيمات التى تفرزها الكائنات الدقيقة فى تكسير السلاسل الطويلة للمواد العضوية وتحولها إلى مواد كيميائية بسيطة وبهذه الطريقة تتكسر البروتينات والمركبات المعقدة الأخرى إلى جزيئات أصغر. وعادة ما يبدأ اتحاد الإنزيم بالمادة التى يؤثر عليها (Substrate) على سطح جزئ الإنزيم (على الموقع النشط)، والشرط الرئيسى لهذا أن يتلاءم جزئ المادة التى يؤثر عليها الإنزيم مع الإنزيم (التعاشق) كما يتلاءم القفل ومفتاحه (Lock and Key)، وهذا يعتبر شديد الأهمية للتفاعل، وعندما يحدث هذا يتكون مركب الإنزيم والمادة التى يؤثر عليها.



صورة (86) نموذج (التعاشق) Lock and Key
الخاص بتفاعل الإنزيم والمادة التى يؤثر عليها

وســـبب الفاعلـــية الكبـــيرة للإنزيمات لم يتم فهمها تماماً ولكن جزء من هذه الفاعلـــية يـــرجع إلـــى الموضـــع الدقـــيق لجـــزئ المادة التى يؤثر عليها الإنزيم والمجموعـــة المحفزة عند الموقع النشط. وتتميز الإنزيمات عن غيرها من العوامل المســـاعدة بالتخصص فى عملها، بمعنى أن كل إنزيم يساعد تفاعلاً خاصاً أو عدة تفـــاعلات كيميائـــية متشـــابهة ويطلق على هذا النوع تخصص مطلق Absolute Specificity غـــير أن هذا النوع من التخصص العالى قليل الوجود، أو أن يشمل تأثـــير الإنزيم مجموعة من المواد تحتوى على رابطة كيمائية معينة، ويطلق على التخصص فى هذه الحالة اسم تخصص مجموعة" Group Specificity.

د – العوامل التى تؤثر فى النشاط الإنزيمى:

– نسبة الحامضية: [PH]

ويكـــون الإنـــزيم فى أعلى حالات نشاطه فى نسبة pH معينة غالباً ما تكون بمعـــدل7: 8 فى الكائن الحى، وهناك استثناءات من هذا مثل إنزيم البيبسين، والذى تكون درجته القصوى للحامضية بمعدل 2: 3، ويفقد الإنزيم جزءً كبيراً من نشاطه إذا تغيرت نسبة الحامضية بشكل كبير فى كلا الاتجاهين.

– درجة الحرارة:

يتأثر النشاط الإنزيمى كثيراً بالحرارة، فيزداد بارتفاعها ويتضاءل بانخفاضها، وتتضاعف سرعة التفاعل الإنزيمى عند كل ارتفاع فى درجة الحرارة مقدار 010 م، وذلك فى مجال حرارى دون درجة حرارة 050م، وجميع الإنزيمات تتلف عند درجة حرارة 0100م، أما فى درجات الحرارة المنخفضة فتفقد الإنزيمات نشاطها، ولكـــنها تستعيد هذا النشاط فى درجات الحرارة المعتدلة، ولكل إنزيم درجة حرارة مـــثلى يـــبلغ نشاطه عندها أقصى مداه، وتختلف هذه الدرجة من إنزيم لآخر، وتقع عـــادة بيـــن 40–50 0م؛ حيـــث تفقد الإنزيمات معظم نشاطها إذا ما ارتفعت أو انخفضت درجة الحرارة عن الدرجة القصوى.

– درجة تركيز أيون الهيدروجين:

ويعتـــبر تركـــيز أيون الهيدروجين ومن العوامل الهامة التى تؤثر فى النشاط الإنزيمى، ولكل إنزيم رقم هيدروجينى معين يبلغ عنده أقصى نشاطه.

– درجة تركيز الإنزيم:

يـــتأثر النشـــاط الإنزيمي بدرجة تركيز الإنزيم ومادة تفاعله، ويتناسب معدل النشـــاط فى بدء التفاعل تناسباً طردياً مع تركيز الإنزيم، ثم ينخفض المعدل بعد أن

تبدأ مادة التفاعل فى الاختفاء وذلك لتناقص تركيز مادة التفاعل وكذلك تراكم نواتج تحللها.

وقد استخدمت طريقة المعالجة الإنزيمية عام 1974م لنزع وثائق بردى قديمة من كارتوناج، واستخدمت إنزيمات التحلل البروتينى وأعطى نتائج جيدة. وفى عام 1981 قام Fosse, B, and Others باستخدام طريقة سهلة ورخيصة لإزالة البرديات من الكارتوناج واستطاعوا نزع البردية من الكارتوناج باستخدام محلول فوسفات مخفف، والطريقة المستخدمة لا تضيف أى عنصر كيميائى نشط بصرف النظر عن استخدام الماء، والهدف من استخدام محلول الفوسفات المخفف هو الحفاظ على أيون الهيدروجين (Hydrogen ion) ثابت بنسبة (pH 7.5). كما استخدمت الإنزيمات فى علاج أوراق ملتصقة ببعضها وجافة بطريقة ناجحة تسمى طريقة المشرط الإنزيمى The Enzymatic Scalpel باستخدام إنزيم التريبسين والذى أعطى نتائج جيدة إلى حد كبير.

ونشير هنا إلى أن الإنزيمات أفضل كثيراً فى عملية الترميم والصيانة من معظم المواد الكيميائية الأخرى، والتى عادة ما تستخدم على يد المرممين مثل عوامل الأكسدة وعوامل الاختزال والقلويات... الخ، ويرجع هذا إلى أن إنزيمات التحلل البروتينى تشترك فى تفاعل كيميائى واحد فق، فى حين تكون المواد الأخرى فعالة فى العديد من التفاعلات، وبالتالى تزيد من خطر التأثيرات الضارة على الأشياء القديمة القابلة للتلف عند الترميم.

10- البرديات المتكربنة (برديات هيراكولانيوم):

مدينة هيراكولانيوم:

وهى مدينة قديمة تقع على منحدرات بركان فيزوف بالقرب من نابولى، وترجع شهرتها إلى كونها اندثرت ودفنت تحت الركام والحمم البركانية الناتجة عن ثورة بركان فيزوف سنة 79م، وتعتبر هذه الثورة البركانية هى الأكثر تدميراً على مدار التاريخ، والركام الناتج عنها دفن تحته بخلاف تلك المدينة مدينة بومبى وستابيا ومدن أخرى فيما حول خليج نابولى.

وقد اكتشفت مكتبة البردى داخل فيلا (قصر) فى مدينة هيراكولانيوم، وهذه اللفائف بقايا مكتبة كانت مكونة من مؤلفات فلسفية تخص كتاباً من مدرسة فيلاديموس وإبيقور من معاصرى شيشرون، وقد وصف ذلك القصر على يدى الأثرى آماديو مايورى Amedeo Maiuri ويقول مايورى أن ذلك الحدث يعد أهم

حدث حضارى وثقافى للتراث الإنسانى فى ذلك القرن، وذلك أن سمك الرماد البركانى الذى كان يغطى القصر يتراوح سمكه من 12 : 30 متر.

الاكتشافات البردية فى هيراكولانيوم:

أول الاكتشافات البردية التى تم تسجيلها فى هيراكولانيوم كان من أكتوبر 1752 حتى أغسطس 1754 حيث تم العثور على كثير من لفائف البردى المتفحمة والتى تقدر بحوالى 800 بردية كتبت باللغة اليونانية واللاتينية منها موضوعات فى الفلسفة الإغريقية القديمة، وطبقاً لكمية اللفائف المتحجرة التى تم العثور عليها فإن البرديات المكتوبة باللغة اللاتينية كميتها محدودة مقارنة بالباقى، ويمكن تقديرها بحوالى 56 لفافة بردى، ويتراوح عدد مجموعة بردى هيراكولانيوم بصفة عامة حوالى (1320) بردية تقريباً جميعها تحتاج إلى التطرية والفرد، وقد تم فرد حوالى (687) بردية بطرق مختلفة كان أهمها طريقة اللاصق لبياجو The Glue Method of Piaggo.

وصف لفافات البردى عند العثور عليها:

قام كثير من العلماء بالعديد من الحفائر لاستخراج لفائف البردى من مكتبة مدينة هيراكولانيوم، واللفائف التى تم العثور عليها كانت فى حالة سيئة جداً ومتفحمة بدرجة كبيرة، وكما ذكر فينكلمان Winckelmann عن وصف اللفافات عند العثور عليها أنها كانت متفحمة وذات لون يتراوح ما بين البيج الغامق والأسود، وكانت عبارة عن كتل من اللفائف البردية الملتصقة ببعضها قد تكون 5 أو 6 لفافات وجميعها متفحمة.

أ – أماكن الحصول على البرديات المتكربنة:

جاءت البرديات المتكربنة من ثلاث مناطق هى: هيراكولانيوم، درفنى Derveni، ثلاثة مراكز فى الدلتا (تانيس – ثمويس – بوباسطه). وقد منعت عملية التكربن تأثير العوامل المناخية والبيئية فى هذه المناطق مثل الرطوبة والتردد فى درجات الحرارة والكائنات الحية والتى ينتج عنها فى الظروف العادية تأثيراً مدمراً على ورق البردى. ونتيجة لاحتراق البردى جزئياً فقد تحولت مكوناته الرئيسية (سيليلوز – لجنين) إلى كربون متبلور. ومن خواص الكربون فى درجات الحرارة العادية خاصية الخمول، ولذلك فهو لا يتفاعل كيمائياً إلا فى درجات حرارة مرتفعة، وهذه الخاصية أوقفت تحلل المادة العضوية النباتية. إلا أن التكربن قد جعل من الصعب بل من المستحيل فك وترميم بعض البرديات.

ب- حفائر برديات هيراكولانيوم:

حفائــر Villa dei pisami الواقعــة فى هيراكولانيوم وبدأت تلك الحفائر فى نهاية إبريل 1750م واستمرت مع حدوث بعض فترات التوقف حتى 1761 وكانت تلــك الفيلا تحتوى على مجموعة مثيرة من التماثيل ومكتبة تتكون نواتها الرئيسية من أعمال أبقراط ومدرسته والتى تجاورها نصوص تنتمى للفلسفة الرواقية وأعمال شعرية لاتينية وكتابات ذات محتوى سياسى وقانونى، وكانت أقدم نواة لتلك المكتبة تــم نقلها من أثينا إلى إيطاليا الفيلسوف الإبيقورى فيلادلفوس ويتمثل هذا المستودع المكتــبى فى برديات تؤرخ من القرن الثالث إلى الأول قبل الميلاد، وقد تم العثور على تلك الثروة القيمة فى أماكن وأزمنة مختلفة. وفى عام 1752 عثر على حوالى 60 لفافة بردى.

وفــى مــايو 1753 عــثر على لفافات بردى مغلفة فى 3 خزائن من الخشب وأخــرى مكومــة على الأرض عددها يصل إلى 161 لفافة. وفى عام 1754 تم العثور على 840 بردية فى غرفة صغيرة رباعية الشكل.

وقــد ألقيــت بعض هذه اللفائف لحظة العثور عليها ضمن المواد الناتجة عن الحفــر حيث أعتقد عمال الحفر أنها عبارة عن قطع من الخشب المتكربن أو قماش ملفــوف أو شباك صيد أو قنص، وبتمييز هذه البرديات المتكربنة ظهرت صعوبة فــردها من الناحية التقنية وعملية التكربن جعلت الكثير من البرديات مفتتة وهشة وبعضها الآخر تحجر تماماً.

وقــد أدى ثقــل المواد البركانية التى كانت ترقد تحتها هذه البرديات لمدة 17 قــرناً إلــى تشويه للشكل الإسطوانى للبرديات والتى تعرض سطحها بشكل متنوع للضــغط والتكســر وقــد تحطم عدد غير قليل منها إلى قطعتين أو أكثر واتخذت ســطوحها انــبعاجات وإلــتواءات متصلبة تماماً وخالية من أى مرونة، كما توجد برديات أخرى بسبب المسامية الشديدة الناتجة عن اختراق أو تسرب الهواء للداخل معرضة لخطر التفتت عند أقل صدمة بها.

ج- الأسباب التى أدت لحفظ برديات هيركولانيوم (المتكربنة - المتفحمة)

تهدف الدراسة إلى:

وهــو موضــوع أثار دائماً اهتمام الدارسين فى مجال البرديات وصار هدفاً لأبحــاث متعمقة ومتنوعة. وواقع الأمر أنه حتى اليوم لا يمكن تحديد ما إذا كانت حــالات التكربــن المختلفة (Carbonization) ودرجات الألوان المختلفة لبرديات هيركولانــيوم قــد نتجت عن عمل حرارة المواد البركانية فى ثورة بركان فيزوف

79م، أم تــرجع لعملــية تحلــل تدريجية (Gradual Decomposition)، أم لتباين درجة الحرارة الناتج عن النقل من مكان لآخر داخل القصر الذى عثر بداخله على البرديات، أم أن هناك عوامل أخرى لعبت دورها.

وترتبط الأسباب التى أدت إلى تكربن لفائف هيركولانيوم بظروف دفن المدينة تحــت الــركام لسنوات طوال، وقد أثار أصل الرواسب التى طمرت المدينة تحتها نقاشاً وجدلاً بين الباحثين والدارسين.

- فحسب رأى البعض فقد دفنت المدينة تحت وابل من الرماد.
- وفى رأى البعض الآخر فقد دفنت تحت سيول من المواد البركانية.
- علــى حيــن يــرى آخرون أن أصل الرواسب هو كتلة سائلة سببتها حركة الرواســب الــناتجة عن أمطار قوية والتى هبطت على المدينة فى شكل سيل قوى من الطين دفن المدينة تحته تماماً.

ولــن نتعرض هنا لسرد جميع الأعمال التى تمت فى هذا الصدد ونكتفى بذكر بعض الشواهد التى ظهرت فيها إشارات إلى أسباب تكربن اللفائف.

ففى عام 1755م أشار ديلا تورى Della Torre إلى تكربن اللفائف كأثر ناتج عــن حرارة الرماد البركانى، والتى كانت فيما يبدو شديدة الحرارة لتحويل اللفائف إلى كربون حتى فى حالة عدم وجود اتصال مباشر واستدل على رأيه بأن الأشياء الــتى تم إخراجها من تحت الأرض والتى عثر عليها فى غرف المنازل ولم تصل إليها اللافا، تبدو برونزية اللون بفعل الحرارة لكنها لم تدمرها النيران وكذلك بعض المجلدات القديمة التى عثر عليها، والقمح والشعير والفول والخبز الكامل المصنوع مــن دقيق الحمص أو من دقيق الذرة عثر عليها سوداء وصارت كربون دون أن تدمرها النيران ويظهر هذا بوضوح أن الرماد الذى وصل ساخناً حول هذه الأشياء إلــى كــربون والذى لم يمسها مباشرة ولكنه أدى إلى تسخين هواء الغرف المغلقة بشدة. وقد أيد أيضاً فينكلمان Winckelmann نسبة تكربن لفائف البردى إلى درجة الحــرارة المــرتفعة لثورة بركان فيزوف فى 79م. وممن أيدوا نفس الفكرة على سبيل المثال لا الحصر دى لالند De Lalande ومونتيفيكى Monteveccki.

والجدير بالذكر أن خشب الأرفف الذى كان موضوعاً بداخله خزانات صغيرة مــن الخشــب، عثر عليه فى نفس حالة تلك الخزانات متكربن ومتحول لرماد، أما لفائف البردى نفسها، وكان عدد تلك المخطوطات لا يقل عن 1800 كانت معظمها فى حالة جيدة، وتلك المخطوطات يطلق عليها الإيطاليون البردى لأن معظم لفائفها ومجلداتهــا مصــنوعة من ورق البردى فهذه المواد تدين بحفظها هذا إلى حرارة

المــواد التى دفنتها. وفى حالة عدم وجودها فإن تلك المخطوطات كانت ستتعرض إلى تدمير نسيجها النباتى بفعل عملية التعفن.

ويعــترض Lippi علــى فكــرة حرارة المادة البركانية وفى رأيه أن برديات هيركولانــيوم لــم تتكربن بفعل النار المفترض أن تحولها إلى رماد، بل إن الأمر نــاتج عــن البقاء لفترة طويلة تحت الأرض، وبعد عدة سنوات قرر Davy أن أثر النار ليس ضرورياً على الإطلاق لإحداث التكربن غير التام للمادة النباتية ومن ثم ينســب حالات التكربن المختلفة وألوان البردى إلى عملية تحلل تدريجية ومن بين من أيدوا هذا الرأى Comparetti.

وذكــر أن الأخشــاب والأطعمة والمنسوجات تتعرض لعملية تحول عضوية تدريجية وبطيئة ولكن تبقى أشكالها كما هى بلا تغير داخل غلاف الطين المتصلب والذى حافظ عليها من فعل العوامل الجوية والمناخية تماماً كما يحدث فى الأعمدة الخشبية الحاملة للبيوت المبنية فى البحيرات فبفضل عملية الحفظ البطيئة ظلت فى مكانهــا محــتفظة بــنفس مظهــرها التقليدى. وبنفس الكيفية حفظت المادة الليفية الضعيفة للبردى، والتى يمكننا من خلال تكربنها أن تحتفظ بأشكال الكتابة.

وفى دراسة أخرى تم إخضاع بقايا من برديات هيركولانيوم للتحليل باستخدام التحاليل الحرارية، ومن المعروف أن احتراق السيليلوز الذى يشكل مع اللجنين أحد المكونــات الرئيســية للبردى يحدث فى درجة حرارة 250–350م، وفى العينات الــتى تم دراستها ظهر وجود كامل للجنين وأتضح وجود السيليلوز بكميات ضئيلة، ومعــنى ذلــك أن الــبردى الذى تم اختباره والمتكربن قد تحلل فية فقط جزء من السيليلوز بفعل درجة حرارة المواد البركانية فى عام 79م. ودرجة الحرارة تلك لم تكــن علــى أى حالة تفوق الــ 350م، حيث أنه لو كان الأمر كذلك لما وجدنا أى ظهور للسيليلوز فى العينات المختبرة.

ولــتحديد درجــة الحــرارة التى تعرضت لها برديات هيركولاينوم تم إجراء سلســلة من التجارب على برديات قديمة تنتمى لحقب مختلفة. وفى برديات حديثة مع تسخين العينات فى نفس فرن ميزان الثقل النوعى الحرارى فى درجات تتراوح ما بين 300 : 360م، ظهر أن عينات الحقبة الفرعونية وكثير من الحقبة البطلمية والعيــنات الحديــثة المصنعة حسب التقنية الفرعونية والتى تم معالجتها فى درجة حــرارة 300–320م وجــد أنهــا تظهــر نفــس رسم القياس الحرارى لبرديات هيراكولانــيوم الإغريقــية، وعــند تحليل عينات بردى متكربنة عثر عليها فى تل

بسطه ومنديس وثمويس بالدلتا وقد حفظت تلك البرديات بفضل التكربن الناتج عن الحرائق والذى منع عملية التعفن.

وظهــر خلو عينات تل بسطة ومنديس من السيليلوز مما يشير إلى أن درجة الحــرارة الــتى تعرضوا لها تعدت 350م على حين أن عينة ثمويس تظهر كمية منخفضـــة من السيليلوز مثل برديات هيراكولانيوم، وقد تعرضت لحرارة 310م، وبـــنفس التقنية تم دراسة شظية من البردى ذات لون مسود ويبدو من مظهرها أنها متكربـــنة، وظهـــر فى تلك العينة وجود كامل للسيليلوز واللجنين. ومعنى هذا أن اللون الغامق فى هذه الحالة غير ناتج من الحرارة بل عن الأكسدة التى تسببت فيها الظروف الجوية السيئة، وكذلك بسبب طريقة صناعة الورق.

وأكدت ذلك دراسات قامت بها Maury وKent.

وبـــرغم أن البرديات الإغريقية واللاتينية التى خرجت من حفائر هيراكولانيوم والتى كانت تحت غطاء يزيد على 20م من مواد بركانية وكذلك رطوبة الأرض إلا أن تلـــك الـــبرديات تظهر حالات تكربن وألوان مختلفة بدرجات متفاوتة رغم العثور علـــيها فى نفس المكان وتعرضها لدرجة حرارة تتراوح من 300 إلى 320م وذكر بيرا "Pira" أربع حالات مختلفة للتكربن عند عمله فى فرد تلك البرديات كالتالى:

الحالـــة الأولـــى: هى تلك التى لم يتم كربنتها كاملة بفعل ثورة البركان، وفى هذه الحالة فإن الجزء غير المتكربن تعرض بمرور الزمن إلى التغير بفعل التعفن، والـــذى تســـبب فى إتلاف ملحوظ للنسيج الأصلى للبرديات والذى عمل على تـــآكل كتل النسيج بحيث صارت غير ملائمة لفك البرديات، وفى هذه الحالة يطلق عليها "البرديات المتعفنة".

الحالـــة الثانـــية: هـــى الـــتى يحدث فيها تكربن تام بفعل الحرارة، والتى أكسبت جزيئات البردى تماسك قوى لا يسمح لها بالانفصال بانتظام من سطح لآخر.

الحالة الثالثة: هى الحالة التى عثر فيها على البرديات عفنة أو متكربنة وتعرضت لصـــدمات وضغط الأمر الذى تسبب فى حدوث كسور لابد منها عند محاولة فك البردية مما يجعل تمييز اللفافات وتجميعها عملية صعبة.

الحالة الرابعة: وهى الحالة التى تحولت فيها البرديات من التكربن إلى التحول فى صورة كتلة رماد ومن ثم فهى مدمرة تماماً وعديمة الفائدة.

د- درجات ألوان اللفائف:

لـــون البرديات المتكربنة يتنوع من اللون الضارب للحمرة إلى البنى الغامق، ودرجات اللون الأسود حتى تصل إلى درجات الكربون سواءً.

ويلاحظ أن كل المخطوطات الإغريقية تنتمى لدرجة لونية أكثر سواداً مقارنة بالمخطوطات اللاتينية. ويمكن تفسير اختلاف الألوان أن تلك المخطوطات عُثر عليها فى غرفتين مختلفتين ولابد وأن تأثير كتلة البركان وحرارتها كان أقل فى واحدة منها.

وجدير بالذكر أن أسلوب صناعة البردى القديم يمثل عنصراً هاماً لمعرفة درجة مقاومة الورقة للحرارة.

كما أن بعض المواد المضافة إلى سطح البردى أثناء التصنيع أظهرت تأثير عالى مضاد للنيران أو بمعنى آخر تترك أثراً لا يسمح باحتراق لفافة البردى بسهولة.

وقام Basile بدارسة على عينات بردى تنتمى لحقب مختلفة أظهرت نسبة مئوية متوسطة قدرها 4% من الألومنيوم على عينات العصر الرومانى وبصفة عامة فإن مركبات الشبه Alums، (شبه الأمونيا، شبه الصودا، شبه السلفا... الخ). لديها قدرة مقاومة لأثر النيران معروفة منذ القدم وكان شائع معالجة الخشب والنسيج بالشبه لجعلهما مقاومين للحرائق، وفى العصر الرومانى كان يتم معالجة أوراق الكتابة باستخدام الغراء وإضافة الشبه التى تجعل الغراء يلتصق جيداً بالسطح أو ملونات غنية بالألومنيوم ومنها على سبيل المثال Cimolite, Meline والتى تجعل السطح المكتوب عليه مستوى، والجدير بالذكر هنا أن نص بلينى والتحاليل التى أجريت على مياه النيل قد أظهرت أن ماء نهر النيل العكر (طمى النيل) والمستخدم كما يذكر بلينى فى صناعة ورق البردى يحتوى على مادة الشبه، ولا تجعل الكتابة ظاهرة من الناحية الأخرى من الورقة وإن كانت تزيد من سمك الورقة.

وبالنسبة للبرديات اللاتينية التى عثر عليها فى هيراكولانيوم فإن الشبه أو الملونات الغنية بالألومنيوم المستخدمة فى تشطيب الورقة فإنها تعطى نوع من الحماية ضد الحرارة مما منع لفائف البردى من الوصول لدرجة التكربن اللازمة للمقاومة فى غرفة رطبة، ولهذا السبب فإن البرديات اللاتينية وصلتنا فى حالة لونية فاتحة مقارنة بالبرديات الإغريقية ولكنها متعفنة بفعل الرطوبة ولأنها عانت أكثر من غيرها من أضرار الرطوبة، فقد أظهرت صعوبات كبيرة فى عملية فردها، وبالنسبة للفائف التى وجدت فيها الطبقات متلاصقة فى بعضها بشدة فإن سبب حفظها يرجع بشكل رئيسى إلى استخدام بعض أنواع من اللواصق المستخدمة فى مصانع الورق وقتها والتى انصهرت فى البداية مدمرة الكتابة ثم تماسكت من

جديـــد. ودرجـــة لـــزوجة اللاصق تختلف حسب درجة الحرارة والرطوبة وكمية ونوعية الملون وكذلك حسب سمك غشاء الورقة نفسه وطبيعة اللاصق.

وهذا يدل على أن استخدام مركبات معينة فى مصانع الورق لتحسين البياض واستواء السطح والتنعيم وليونة سطح الكتابة لعب دوراً حاسماً فى اختلاف حالات اللـــون وحفـــظ نســـيج لفائف البردى فى حين أن درجة الحرارة من 300–320م بالإضـــافة لعوامـــل أخـــرى أدت إلى الإقلال من الاحتراق الكامل وبالتالى أنقذت البرديات من التحول إلى رماد.

هـ- فرد البرديات المتكربنة:

عـــادة مـــا كانـــت تســـتخدم طـــريقة الترطيب فى فرد معظم البرديات غير المتكربـــنة، والواقـــع أن الـــرطوبة فضلاً عن أنها تعمل على تطرية وفرد سطح البردى المتكربن إلا أنها فى كثير من الأحيان تؤدى إلى تحطمه وتفتته، وأحياناً ما نجد صعوبة فى عملية الفرد عندما تتعرض لفائف البردى المتكربنة المدفونة تحت الـــرديم لتأثـــير ثقـــل الركام، ففى هذه الحالة فإن الأوراق تتلاحم بشدة مع بعضها الـــبعض فتـــتحطم فـــى بعـــض الأجزاء وينتج انثناءات وهكذا، فقد ظلت الأوراق الداخلـــية كاملة، وفى رأى فاكلمان Fackelmann فمثل هذه الحالة من الحفظ تلغى تمامـــاً الحديـــث عن فك الأوراق وتقصر الحديث فى عملية فتح اللفافة على إزالة الأوراق ذات التماسك المتباين فى طبقاتها.

ويلاحـــظ أن آلة بياجو Macchina di Piaggo هى الأداة الوحيدة التى نجحت إلى الآن فى فرد الكثير من البرديات المتكربنة فى هيراكولانيوم، وفى حالة العثور على لفائف أسطوانية الشكل قد يضطر الباحث الذى يقوم بالفرد إلى اللجوء لطرق قويـــة وقاسية مما يؤدى لكسر اللفافة ويفصل عنه الطبقات المفردة وتقتضى طريقة الفك هذه القيام أساساً بترميم الشظايا طبقاً لترتيب انفصالها مما يفسد التتابع الحقيقى للأعمدة داخل اللفافة نفسها.

- فك البرديات من بادرنى Paderni إلى بياجو Piaggo

جـــرت العديد من المحاولات لفرد البرديات المتصلبة فى أعقاب العثور عليها واســـتخدمت بعـــض الطرق الكيمائية التى تسببت فى أغلب الأحيان لتحطيم المادة نفســـها، وقـــد تـــم معالجة البرديات بشكل عام باستخدام محاليل غروية أو مذيبات عضـــوية حيث كان يتم غمرها تماماً فيها أو يتم نثر المحاليل باستخدام فرشاة على الســـطح، وفى بعض الأحيان كان يتم لفها فى أقمشة مبللة بالمحلول، وجرت بعض

المحاولات لصب المحاليل على رؤوس البرديات والتى كان فى استطاعتها التسرب داخل الطبقات التى تساعد على انفصالها.

*** طريقة التقشير الكلى أو نزع اللحاء بالكامل: (طريقة بادرنى)**

وهذه الطريقة مارسها لحظة الاكتشاف كاميللو بادرنى Camillo Paderni والذى عمل منذ عام 1750 كأمين لمتحف Portici بهيركولانيوم، وتعتمد هذه الطريقة على:

- ترطيب البردية باستخدام الفرش بمحلول كحول + ماء + مذيبات.
- ثم قطع البردية طولياً إلى قسمين نصف أسطوانيين متماثلين تقريباً فى سمكهما.
- وباستخدام السكين يتم فصل الأوراق الداخلية حتى الوصول إلى سطح مقبول تظهر عليه الكتابة، وحيث أن اتساع مقاطع(*) اللفافة يقل كلما اقتربنا من قلب البردية، ولذلك فإن أجزاء النص فى المقاطع الداخلية تكون صغيرة جداً وتعتبر غير هامة ومن ثم كان يتم إهمالها بدون إجراء أى رسم لها.
- وعند الوصول لمقطع أوسع يتم نسخ نصه ثم يتم صقله بالسكين لإظهار الطبقة التحتية منه.

ونجد أن طريقة التقشير الكلى تنفذ فى أنصاف الأسطوانات والتى يطلق عليها "قشور" وهى فقط الأوراق الخارجية والتى كانت تلتصق من الناحية الخارجية (التى لا تحتوى على كتابات) بقطع من القماش، وهذه الطريقة سمحت أثناء الحفائر بإنقاذ وقتى للأوراق الداخلية والتى كان يتم تدميرها مباشرة بعد النسخ ولكن لم يكن هناك طريقة لإنقاذ الأجزاء الداخلية من اللفافة ولو إنقاذ وقتى، لأن أثر السكين كان يتسبب فى تفتيتها بسبب العمل على سطوح ذات نصف قطر ضئيل فضلاً عن هشاشتها وقلة تماسكها.

وبالنظر إلى طريقة التقشير الكلى، نجد أن استخدام سكينة وقطع البردية من أعلى لأسفل إلى نصفين ثم يصقل من المنتصف الجزئيين المقسمين بتدوير السكين حتى الوصول لجزء مستوى، ثم يتم التخلص من كل ما بالداخل للوصول إلى محيط أكبر حتى يحصل على ورقة أكبر، وبذلك فقد أهمل الكثير والكثير من اللفائف.

وهذا الجزء الداخلى يسمى لبّ البردية، أما القشور وهى الجزء من البردية الذى يتم قطعه بالطول من أعلى لجزئيين متساويين يُعرف باللحاء أو القشرة

* نقصد هنا بكلمة المقطع هو الجزء الواقع بين طبقتين متجاورتين ناتجتين عن ضغط المادة البركانية على البردية.

الحقيقــية وهـــى الأوراق الأخيرة، ولذلك فلابد من عمل كتالوج لتلك القشور حتى يمكن تعريفها وتمييزها.

ويذكر دى جوريو De Jorio أن بادرنى Paderni لكى يقلل من الخسائر كان يقطـــع بالطول جزءاً متساوياً فى كلا النقطتين المتقابلتين ومن ثم عدداً متساوياً من الصـــفحات، وبذلـــك يترك من الجزء الخارجى للبردية ما يكفى لرؤية صفحة من الكـــتابة مـــن طـــرفها لطرفها الآخر، ويؤيد بياجو رأى دي جوريو وشرح طريقة بادرنى (طريقة التقشير) كالتالى:

1- نـــزع لحـــاء الغـــلاف، ويعنى تفريغ الأسطوانة المشقوقة بالطول، وينزع ما بداخلهـــا للوصول لمستوى من الأغشية أكثر اتساعاً وبروزاً، ولا يمكن نزع أى شيء مما يوجد بداخل المركز ولاسيما عندما يزداد ضيق البردية نفسها.
2- يقصـــد بكلمة تقشير أو إزالة اللحاء باستخدام دفرة أو أداة أخرى أكثر خشونة لاقتلاع أربعة أو خمس ورقات والتى بتلاصقها معاً تشكل جزء صلب كشكل قشرة.
3- باستخدام سكين جُنوى (من جنوة) يتم تقطيع البردية من أعلى لأسفل وتفريغها من محتواها وفرد قلبها حتى الوصول لورقة مسطحة أكثر سعة من الأوراق الموجودة فى الخارج بحيث يمكن قراءتها.

وتلقـــى تلك الخطوات الثلاثة ضوءاً جديداً على عملية أخرى إضافية قام بها بـــادرنى يمكن أن نطلق عليه التقشير الجزئى، وهى عبارة عن شق البردية طولياً بقطعيـــن متوازيين وأحياناً بقطعين وسطين "أى من الوسط" متعامدين على ارتفاع الـــبردية، بحيـــث يـــتم تحليل اللب الداخلى من القشرتين أو الأربع قشرات، وكان بادرنى يستخدم التقشير فقط فى الأجزاء الخارجية.

- طريقة الفرد الآلى (طريقة بياجو):

بحـــث الملـــك شـــارل البوربونى Carlo di Barbone لدى السنيور أسمانى Assemani مديـــر مكتـــبة الفاتيكان وقتها عن شخص يستطيع أن يفك تلك الألباب الـــتى وضعها بادرنى جانباً، وفى عام 1753م أرسل إلى نابولى أحد رجال الدين الجنوييـــن ويدعـــى Antonio Piaggio أنطونـــيو بياجو كاتب لاتينى وأمين قسم المنمنمات بالفاتيكان. وفى زياراته الثلاثة الأولى لمتحف هيراكولانيوم فعل بادرنى كل ما بوسعه لإقناعه بعدم جدوى أى طريقة أخرى سوى طريقة التقشير، وعرض عليه أسوأ البرديات والتى ألقاها جانباً بسبب تماسكها الشديد.

وفى البداية قام بياجو باستخدام طريقة التقشير تارة وأحياناً يقوم بتثبيت الشظايا التى حصل عليها باستخدامٍ خيوط صغيرة من الحرير يميزها من الخارج حتى يمكن الربط بينهم وتحقيق نوعاً من التدعيم غير أن النتائج كانت سيئة وفضل بياجو أن يقلع عن العمل خيراً من تدمير تلك البرديات لمعرفة نوعية الكتابة به.

وقد بدأ التعامل مع البرديات الأفضل حفظاً فيما يغلب الظن عقب رفضه العمل فى البرديات، وبدأ فى تصميم آلته الشهيرة، وذلك فى عام 1753م والتى ظلت مستخدمة حتى بدايات 1900م وهى التى سمحت بفرد أهم نواة لمجموعة برديات هيراكولانيوم.

وصف آلة بياجو:

الشكل الأصلى للآلة عبارة عن سطح أفقى يستند على ساق من الخشب مرتبطة به عن طريق صامولة Englir أو وصلة تقوم بتنظيم مستوى ارتفاع المسطح حسب الحاجة. وفى طرفيه توجد دعامات بصامولتين تقومان بتنظيم مستوى اللوح الأفقى العلوى. وفى وسط اللوح السفلى يوجد هلال من الصلب يستند على قضيبين من الصلب أيضاً يتلقيان لفافة البردى المحفوظة فى شرنقة.

وكانت اللفافة تدعم فى طرفيها بشريطين مثبتين فى اللوح العلوى من خلال مفتاحين هدفهما وضع البردية دون الحاجة لتحريكها يدوياً.

وكانت مراحل فرد البرديات المتصلبة كالتالى:

- يتم تحديد الطرف الخارجى للبردية وبداية منه يتم دهان الجهة الخارجية والتى تكون فى أغلب الأحوال خالية من الكتابة(*) بالصمغ فى أجزاء صغيرة (متتبعين التواءات السطح).
- يتم تقوية السطح بغراء من (أمعاء الماعز أو الثيران)، وفوق السطح الذى تتم تقويته بهذه الطريقة تلصق خيوط من الحرير متصلة من خلال خطاطيف فى الجزء العلوى من الآلة بمفاتيح أخرى موضوعة على الجانبين القصيرين من هيكل الآلة.
- عندما يصل الجزء المفرود من النص إلى ارتفاع هيكل الآلة من خلال الشد يتم لفه حول أسطوانة متحركة موضوعة فوق اللوح العلوى، بحيث تصبح اللفافة كلها ملفوفة حول الأسطوانة بعد انتهاء عملية الفرز.

---

* لم يخلو الأمر من حالات عن برديات تحمل كتابات على الوجهين، وقد صادف بياجو أثناء عملة بردية مكتوبة على الجزء الخارجى منها بحروف صغيرة ولكنها مرسومة بعناية ودقة.

وقـد أُدخلت تعديلات لاحقة على هذا الشكل الأصلى للآلة، وتوجد عينة للآلة محفوظـة فـى مكتـب بـردى هيراكولانيوم، وتوجد اثنتان فى المتحف الوطنى بنابولى(**).

العـدد الكلي للبرديات التى قام بياجو بفكها غير معروف وفى عام 1798م تم فرد 13 لفافة آلياً بواسطة عمال مكتب هيراكولانيوم تحت إشراف بياجو.

وعلى أية حال فإن آلة بياجو لم تقضى تماماً على طريقة التقشير الجزئى التى استمر استخدامها على كثير من البرديات التى تم إخراجها فى عملية الاكتشافات الـرابعة فـى عـام 1754م. وقـد استمر العمل بآلة بياجو حيث كان يتم التدخل باسـتخدام طـريقة التقشير فى البرديات التى لا تسمح سوى باستخدام هذه الطريقة على:

- القشور (بقايا محاولات بادرنى) التى لم يحالفها نجاح فى فردها.
- البرديات التى تكسرت لقطع عن طريق الصدفة.
- القشور التى يتم فصلها مقدماً عن اللب حتى يمكن عمل فرد ميكانيكى لها.

وقد أظهر ذلك العلاقة التى لم تكن واضحة بين التقشير الجزئي وعملية الفرد الآلـى. وذكـر بـياجو أن الاسـتخدام الصحيح للطريقتين اللتين نظر إليهما خطأ كضدين متقابلين قد حقق حالة من الحفظ لمعظم برديات هيراكولانيوم ذات السطح الخشـن ولكن الجزء الداخلى لها لم يزل ليناً وهشاً. وعلى هذا فإن طريقة التقشير الجزئـي كانـت تمثل لبياجو المرحلة التمهيدية للفرد الميكانيكى أو الآلى للبردية. ولكى نستخدم آلة بياجو كان يجب تحديد جزئها الداخلى من القشرة المتراكمة عليه بفعـل الشوائب المتصلة حوله، وأيضاً تخليصه من الأوراق الخارجية بحيث يمكن تمييـز الحافة الجانبية لأحد السطوح وتتبعه، ورغم أن التقشير الجزئى كان عملاً مدمـراً إلا أنـه كان ضرورياً. وهكذا فإن اعتراض بياجو على بادرنى فى فتحه للـبرديات يـرجع إلـى طريقة استخدامه لأسلوب "التقشير الجزئى" وخاصة تنعيم البرديات من الخارج، وكذلك القطع بكثرة فى عمق البردية.

ومـع مـرور الوقت وبنسيان تلك القشور الناتجة من التقشير الجزئى وانقطاع الصـلة بينها وبين لفائفها الأصلية، فقد تم تسجيلها فى الكتالوجات تحت أرقام مختلفة عـن تلك الخاصة بالبرديات نفسها أثناء عملية فردها ونسخها، ليس هذا فقط بل نظر

** قام المؤلف بزيارات ميدانية لمدينة هيراكولانيوم والمتحف الوطنى بنابولى الذى يضم مجموعة من البرديات المتحجرة ونموذج آلة الفرد لبياجو.

لهـا أحـيانا على أنها أجزاء قائمة بذاتها، وأحياناً تم الخلط بينها وبين قشور برديات أخرى. كما ظهرت مشكلة أخرى بسبب الترقيم المختلف الذى تم إعطاءه لأجزاء من الألباب تم فردها فى مراحل تالية، وقد تم تعيينها وحصرها خطأ بأرقام مختلفة.

وقـد قـام كـافللوا Cavallo بدراسـة حـول الأشكال الجرافيكية لبرديات هيراكولانـيوم ومجموعـة الكـتاب الذين خطوها، وكذلك معيار التجانس النصى والأسلوب لشظايا البردى المهشمة.

أمـا عن نشر البرديات المقشرة جزئياً فهو عمل بالغ الصعوبة والتعقيد، فهو يتطلب ليس فقط إعادة تشكيل وحدة البردية ونسبة القشور إلى اللفافات التى سقطت مـنها، ولكـن يجب أيضاً تحديد الترتيب السليم لتتابع الشظايا من خلال سلسلة من الرسوم، والذى يختلط فى بعض الأحيان فى أعقاب عملية التقشير.

المحاولات الأولى لفصل لفائف البردى عن بعضها وفردها:

وظهـرت العديـد مـن المشاكل عند محاولة فرد تلك اللفائف بسبب تفحمها وضـعفها الشـديد، وقـام العديـد مـن العلماء فى القرن التاسع عشر بمجهودات ومحـاولات عديـدة لفرد لفائف البردى المتحجرة وفصلها عن بعضها، ومن أمثلة هـؤلاء: Humphry Davy والـذى بـدأ عملـه فى يناير 1819م وكان كيميائياً واسـتخدم طـرق معالجـة متنوعة فى علاج تلك البرديات وأجرى حوالى 150 محاولة علاج، وتمكن فى النهاية من فرد 23 لفافة بردى، أما طريقة المعالجة التى استخدمها دافى Davy فكانت كالتالى:

- وضع أحد لفائف البردى داخل أنبوبة من الزجاج مفتوحة من كلا الجانبين ثم وضـعها داخل إناء زجاجى صغير به محلول غير معروف مع التسخين فى درجـة حرارة منخفضة، فكانت النتيجة فصل اللفائف، ولكنه ليس فصلاً تاماً لكل لفافة عن الأخرى، لكن كل مجموعة ملتصقة ببعضها.
- ثم قام بتطوير الأسلوب استخدم أسلوب أخذه عن بياجو Biaggo فقام بترطيب سطح البردى باستخدام الأثير الكبريتى وبتغلغله داخل الطبقات الداخلية يساعد فـى عملـية الفصل ونجح إلى حد ما فى فصل بعض الأوراق عن بعضها، ولكن الفصل لم يكن جيداً.
- ثم استخدم طريقة أخرى بالبلل باستخدام كلوريد الآيودين فى الأثير المعتاد ثم تعريض لفافة البردى بعد ذلك للهواء البارد وإدخال لفة البردى داخل اسطوانة نحاسـية ووضـع حـرفها علـى حافـة إناء يحتوى على محلول من الحبر وهـيدروكلوريد الأمونـيوم والتسـخين، وكانت نتائج هذه المحاولة سيئة جداً

وأثرت على الكتابات ومحتها كما دمرت بعض البرديات، لذلك فضل الرجوع إلى طريقة بياجو باستخدام غراء السمك.

- وبعـد ذلـك كانت هناك العديد من المحاولات فى الفترة من 1850–1962م حيـث قـام Salvator Ventrella بفصل لفائف البردى باستخدام بخار الماء، وقد نجحت هذه التجربة نجاحاً جزئياً.

أما المحاولات التى تمت فى بداية القرن العشرين فكانت نتائجها أفضل بكثير من النتائج التى سبقتها، وبدأت فى عام 1906 عندما قام بعض الكيميائيين باستخدام بخار الماء مع زلال البيض والكحول وأعطى نتائج جيدة.

وفـى عام 1909م قام Eugeniotortora بمحاولة لفصل البردى بوضع لفافة البردى داخـل غـلاف لحمايـتها من التدمير فى البرافين الساخن، ونجحت تلك المحاولة فى فصل اللفائف عن بعضها، ولكن وهى ساخنة فقط وبمجرد أن تبرد لا يمكـن فصـلها، وفى نفس العام استخدم Alfonso Cozzi الألبومين فقط (الزلال) بدون الكحول فى عمليات فصل اللفائف عن بعضها.

وفى عام 1910م قام Bassi وهو أحد خلفاء بياجو بعدة محاولات نجح خلالها فى معالجة العديد من اللفائف باستخدام آلة بياجو.

ومـن المعالجـات الحديـثة الناجحة فى عملية فصل اللفائف عن بعضها هى محـاولات Anton Fackelmann مـن (1965–1970م)، وقـد لاحـظ أن أكثر البرديات التى تم فردها تحمل كتابات واضحة، وقد استخدم الطرق الآتية فى الفرد:

1- استخدم عصير لحاء البردى لإعادة الليونة والمرونة لألياف البردى وتقويتها.

2- وجد أن الصمغ العربى مشابه إلى حد كبير مع عصارة البردى، كما إنه مادة سهلة ورخيصة وهو من بين المواد التى لا تتلف الكتابات.

3- قـام بتغطية الطبقة الخارجية من اللفائف بالصمغ العربى المخفف، بالإضافة إلـى ذلـك كان يعرض لفائف البردى لحرارة مصباح كهربى لتسهيل عملية الفصل والتعامل بدقة وحرص عند ملامسة البردية.

4- اسـتخدام الجيلاتين فى عملية الفرد كالتالى: إذا كانت لفة البردى مفرودة فعلاً تستخدم فرشاة رقيقة ومحلول جيلاتين لتجميع القطع مع الحذر أن القطع التى تم لصقها معاً سوف تنفصل عن بعضها تدريجياً إذا اقتربت من مصباح درجة حرارة 40oم، أما إذا كانت اللفافة متفحمة وغير مفرودة توضع على شريحة زجاجـية فـى درجـة حرارة 40م وطلائها بالجيلاتين وبفعل الحرارة يرتفع حـرف هـذه الفافة تدريجياً وتركها فاكلمان لمدة ساعة أو ساعتين، والحرف

الذى ارتفع يمكن إزالة التراب من عليه دون لمسه باليد، ويمكن استدام فرشاة ناعمة منداه بالماء أيضاً فى وجود مصدر حرارته 40oم للتعامل مع طرف البردية، وقد استخدم فاكلمان ماكينة لفرد بعض اللفائف بإحضار كتلتين من الصلب مقاسها 15 × 4 × 2 وجعلها قاعدة فيها صلب رأسية ارتفاعها حوالى 30سم بها ثقوب من أعلى لأسفل بين كل ثقب والآخر 50مم ثم استخدم إبرة من الصلب مررها فى مركز اللفافة ثم علق الإبرة على الجوانب الصلبة فأصبحت أفقية ووضع محلول الجيلاتين على السطح الخارجى للفافة المتدلية من الإبرة ليصبح الجيلاتين جامداً دون أن يتوغل إلى داخل البردية، وبعد ذلك استخدم حرارة المصباح.

ومن بعد فاكلمان عهد بالعمل إلى Kunt Kleve أستاذ فقه اللغة بجامعة أوسلو وقامت بفحص العديد من تلك اللفائف مع مجمعة متخصصة (المجموعة النرويجية) واستخدموا طريقة كيموميكانيكية وهى تطوير لطريقة بياجو، وتعتمد تلك الطريقة على استخدام محلول الجيلاتين المذاب فى حمض الخليك واستخدام الكحول مع المخلوط وتختلف كمية الجيلاتين طبقاً لحالة التحجر نفسها ومسامية البردى، ويمكن استبدال احمض الخليك بالماء المقطر فى حالة تطبيق اللاصق على الساخن.

ثم اتبع Fosse طريقة مطورة لطريقة فرد البردى لبياجو، حيث إن كلتا الطريقتين استخدم فيهما لاصق إلا أن Fosse لم يستخدم آلة الفرد التى استخدمها بياجو، وكانت مراحل المعالجة كالتالى:

1- إعداد اللاصق: وذلك بإذابة الجيلاتين فى 20–30% حمض الخليك، وكمية الجيلاتين يتم إعدادها وضبطها على حسب حالة التحجر ومسامية البردى، ويجب اختبار اللاصق بغمر فرشاة فى اللاصق ثم وضعها على سطح البردى، وقد أعطت النسب التالية نتائج مرضية [20 جم جيلاتين / 100مم + 20% حمض خليك]، [25–30 جم جيلاتين / 100مم + 30 جم حمض الخليك] ومراعاة أن يحفظ اللاصق فى درجة حرارة ثابتة لا تزيد عن 65 oم ولا تقل عن 50م.

2- يوضع البردى على مادة مرنة وناعمة مثل المطاط أو البلاستيك لتجنب الكسر وباستخدام فرشاة ناعمة يتم تطبيق اللاصق على البردية.

3- وضع قطعة من الورق اليابانى على البردى، وتغطيته باللاصق بحيث ينفذ اللاصق من خلال الورق اليابانى مع الحرص أثناء الضغط بالفرشاة أو يتم

تطبيق اللاصق مباشرة بالفرشاة على البردى ثم يغطى بقطعة من الورق اليابانى.

4- يوضع البردى المغطى بالورق اليابانى على أرضية مقاومة للاصق مثل شبكة من النايلون حتى يبدأ اللاصق فى الجفاف، وتنتهى عملية الجفاف بعد مرور دقيقتين تقريباً مع مراعاة عدم لمس اللاصق حتى تمام الجفاف، ويرتفع الورق اليابانى لأعلى بعد الجفاف ويلتصق به البردى.

5- ثم يتم إزالة الورق اليابانى من الشرائح المفرودة بهواء رطب، ويمكن الإسراع من العملية بالتسخين وبعد الجفاف يمكن أن نرفع حواف الورق اليابانى.

6- يوضع ثقل على حواف الورق اليابانى حتى يتمدد ويفرد أو وضعه بين شبكتين من النايلون ثم وضعه بين لوحين من الزجاج ويتم فحص الأفراخ باستخدام الميكروسكوب للكشف عن الكتابات.

وقد طبق Fosse هذه التجارب على مسطحات وقطع من البردى متفحمة غير هامة من مجموعة هيراكولانيوم ونجح فى فرد 23 قطعة من عدد 29 ويعتقد Fosse أنه بهذه الطريقة يمكن فرد 2 متر من لفائف البردى يومياً.

أهما ما يميز طريقة Fosse أنها استرجاعية، ويمكن إضافة مضاد فطرى أو حشرى أثناء إعداد اللاصق مثل DDT ولذلك لا يمس البردى باليد، ولكن حمض الخليك له تأثير تقادمى على الأحبار فيمكن استبداله بماء مقطر مع التسخين.

يمكن تجنب عيوب الجيلاتين وحمض الخليك باستخدام لواصق صناعية مثل لاصق الأكريليك الذى يذوب فى الماء ويمكن التحكم فيه وضبطه على حسب حالة التحجر أو مسامية البردى، ولكن من أكثر عيوبه أنه غير مسترجع.

ولزيادة الأمان بالنسبة للنص المكتوب يمكن تصويره تفصيلياً بالميكروسكوب، ويمكن الحصول على إضاءة صناعية بلمبة الهالوجين 1000W واستخدام شرائح ملونة خاصة من كوداك Kodak Ektrachrome 50 Epy.

وبعد ذلك استخدمت طريقة مشابهة لطريقة Fosse قديماً باستخدام الجيلاتين وحمض الخليك والكحول، وتم تطبيقها وأعطت نتائج جيدة، وتم ذلك على بردية مكتوبة كانت فى حالة ضعف وهشاشية عالية، وفى أعلى درجة من درجات التلف وتم ترميمها فى قسم الآثار المصرية بمتحف الهيرميتاج.

ومن الطرق الحديثة فى فرد البردى المتفحم رش لفافة البردى من الخارج بخليط من السيليلوز والبولى فينيل اسيتات، وبرفق يتم فرد اللفافة باستخدام ورق يابانى رقيق.

تصوير البردى :

الأسس التى يجب مراعاتها عند تصوير البردى:

1- تثبــت البردية على خلفية معتمة من ورق ترشيح أبيض أثناء التصوير، وأقل مقاس للنيجاتيف المستخدم (10-12.5سم) ويجب وضع مقياس سنتيمتري فى كل طبعة حتى يمكن تقدير الحجم بدقة.

2- ويفضـــل استخدام أفلام بانكروماتيك (Panchromatic) مع مرشح أحمر ومن الضـــرورى عند إظهار وطبع الفيلم العمل على زيادة حدة التباين بين الكتابة والخلفية لأن الهدف من النهاية هو قراءة البردية.

3- يمكــن تجنــب أى ظلال فى الصورة المطبوعة بوضع البردى على صندوق ضوء ويتحكم فى كمية الإضاءة بواسطة مقاومة، ويتم ضبط الإضاءة وشدتها مـــن خلال التحكم فى صندوق الضوء، حيث يزيل أى ظلال علوية تنتج من عملية التصوير.

4- وفـــى هيدلبرج بألمانيا يضاء البردى من الخلف ومن الأمام لكى يساعد على اخـــتفاء أى ظـــلال فى البردية، أما فى فيينا فإنهم يصورون البردى باستخدام الميكروســكوب فـــى الأماكـــن التى قد يصعب قراءتها، وغالباً يتم التصوير الفوتوغرافى لكل ما فى البردية بعد تجميعها خوفاً من أن يفقد الأصل.

5- لا يفـــيد التصـــوير فى وجود الأشعة فوق البنفسجية حيث يمتص الزجاج هذه الأشـــعة، ولذلك إذا أردنا استخدامها لابد من إزالة الزجاج من على البردى، وقد يتفلور الحبر نتيجة للتصوير بالأشعة فوق البنفسجية كما حدث مع نماذج من الوثائق العربية، كما إن درجة وضوح الصورة بها أقل من وضوحها فى الطرق الأخرى.

تصوير البردى المتفحم فوتوغرافياً:

وتصـــوير البردى المتفحم أو الكتابات السوداء على خلفية سوداء يمثل تحدياً كبـــيراً، حيـــث توجـــد العديد من العوائق لقراءة الكتابات من الخلفية، منها التباين الضئيل بين الكتابة والخلفية.

ينـــتج عن تفحم البردى وجود غشاء رقيق على سطح البردية ولا يتكون هذا الغشـــاء علـــى ســـطح الحبر، وفكرة التصوير تعتمد على توجيه نسبة من الضوء للـــبردية المـــتفحمة فيختلف امتصاص سطح البردى للضوء عن امتصاص مناطق الكتابة مما ساعد على قراءة النص نتيجة للتباين بين سطح البردية والحبر.

لذلك، فالاحتمال الوحيد هو التصوير "أبيض وأسود" حيث تظهر الحروف فقط دون الأرضية وهى عملية صعبة عملياً، إلا إنه يمكن تحسين الصورة للأفضل ومعالجتها حتى الحصول على نتيجة أفضل.

المتغيرات التى تؤثر على الصورة الناتجة من الأصل كما يلى:

1- التعريض Exposure ويشمل:

1- الإضاءة 2- مادة الفيلم

3- زمن التعريض 4- الكاميرا، العدسات، المرشحات

2- إظهار النيجاتيف Developing Negative ويشمل:

1- المظهر 2- درجة حرارة الإظهار

3- زمن الإظهار 4- تحريك خزان المظهر أثناء عملية الإظهار

3- الطبع Producing Paper ويشمل:

1- درجة تباين ورق الطبع 2- مصدر ضوء جهاز العرض

3- التعريض 4- المظهر

5- زمن الإضاءة

وللحصول على أفضل النتائج يتم تجربة المتغيرات السابقة مع التركيز على ظروف الإضاءة ونوع مادة الفيلم، المرشحات وأزمنة التعريض.

أولاً: الإضاءة :

ظروف الإضاءة الجيدة والصحيحة تعطى نتائج ناجحة لعملية التصوير وخاصة تصوير الأشياء بالغة الدكانة، وتوجد مجموعة من المتغيرات تحدد لنا احتمالات استخدام متغيرات الإضاءة وهى كالتالى:

1- زاوية الإضاءة.
2- شدة إضاءة مصادر الضوء.
3- عدد الوحدات المستخدمة.
4- شكل سطح الإضاءة.
5- استخدام عواكس ومرشحات.
6- أنواع مصادر الضوء (لمبات التنجستين، لمبات الهالوجين، لمبات الفلورسنت، لمبات الأشعة فوق البنفسجية، لمبات الأشعة تحت الحمراء).

ويراعى أن يكون الوضع الطبيعى للشريحة المصورة فى مواجهة الكاميرا (لا تصنع معها زاوية) لأنه فى حالة وجود زاوية بين الكاميرا والشريحة لا يظهر جزء منها فى التصوير.

تظهر الكتابة بشكل أوضح إذا انعكست الإضاءة عمودياً على النص وأكدت التجارب هذه الملاحظة، وتختلف مقدرة قراءة الكتابات حسب الزاوية، فكلما اختلفت زاوية الإضاءة كلما اختلف وضوح الرؤيا وعندما نكون فى زاوية مستقيمة نحصل على الزاوية المثلى لمصدر إضاءة مفرد بتحريك هذا المصدر حتى يصبح الانعكاس بعيداً عن حدود الصورة.

وفى وجود مصادر ضوئية متعددة توضع عند زوايا متماثلة لتلك الزاوية حتى نحصل على إضاءة موزعة بالتساوى.

ومصدر الإضاءة الذى يأخذ شكل الناقوس يعتبر شكلاً نموذجياً كما إن استخدام مرشحات تشتيت وعاكسات تساعد فى توزيع الإضاءة بنسب متساوية ومنع الانعكاسات المباشرة.

يعتد التباين بين النص المكتوب وبين سطح الكتابة (الخلفية) على شدة إضاءة المصابيح، وكلما زاد الضوء كانت الصورة أفضل، ولكن للأسف فإن القصاصات البردية السوداء تمتص الضوء بدرجة متساوية وبالتالى تسخن بسرعة، والحرارة تعمل على تآكل هذه القطع، ولذلك لا يجب تعريض هذه القصاصات لضوء شديد لفترة طويلة.

ويفضل استخدام لمبات الفلورسنت لأنها تعطى ضوءاً بلا حرارة ولذلك لا يمكن الاستغناء عنها ولكنها لا تستخدم مع الأفلام الحساسة للضوء الأحمر والكتابات تتلاشى تماماً فى وجود الأشعة فوق البنفسجية، وعلى النقيض من ذلك فإن مصادر الأشعة تحت الحمراء تعطى نطاق موجى طويل جداً أبعد من حساسية الأقلام الحمراء ومن شفافية الزجاج.

ثانياً: عملية التصوير:

أثناء عملية التصوير تكون المسافة بين الفيلم وقصاصات البردى 50سم تقريباً مع استخدام ثلاث لمبات تنجستين موضوعة على مسافات متشابهة قريبة من الكاميرا، ويفضل أن تكون حساسية الفيلم ASA 160.

وقام المركز الأمريكى بالتصوير الفوتوغرافى للبردى المتفحم باستخدام فيلم 35مم، وتم تصوير البرديات المتوسطة والكبيرة الحجم على حد سواء وأوصى باستخدام أفلام عالية التباين بشرط عدم استخدام أفلام أرثوكروماتيك Orthochromatic أو الأفلام الحساسة للضوء الأزرق أو استخدام مرشحات على العدسة.

- ولتصوير سطح البردى بالكامل يفضل استخدام فيلم بانكروماتيك Panchromatic ويـــراعى أن إغلاق العدسة لأقل فتحة ينتج عنه صورة غامقة ويكون الحبر غامق ولا يمكن تمييزه.
- التصـــوير بالأشـــعة تحـــت الحمراء يكون أقل نجاحاً مع فيلم 35مم، كما أن اســـتغلال الإمكانـــيات المتوفرة بالكاميرا يساعد كذلك على زيادة التباين بين الحبر وسطح البردى.
- مـــن الصـــعب قـــراءة الصورة الناتجة من فيلم Ektachrom Infrared حيث تظهر بلون أسود والتى استخدم معها مرشح Wratten 87 ومع ذلك يمكن أن نســـترجع شـــفافية اللـــون بطبعة (أبيض × أسود) بواسطة نسخها على فيلم Panchromatic Black ثم طبع الفيلم مرة أخرى.
- ومـــن النوعـــيات العالية التباين من الأفلام فيلم Technical Pan حيث تكون الصـــورة الناتجة أبيض وأسود ولها ظلال من الرمادى باستخدام هذه النوعية من الأفلام، ويمكن عن طريقها فصل الكتابات عن الخلفية.
- أثـــناء عملية الإظهار يفضل استخدام مظهر كوداك (D76) ويتم الرج للمظهر 5 ثوان كل 30 ثانية عند درجة حرارة 20م.
- الكاميرا CDD ذات حساسية حوالى (800) نانوميتر وتعطى صوراً أفضل عـــند أطـــوال موجية أكبر، كما أن ضبط الصورة ووضع مصادر الإضاءة أيسر عند استخدام الكاميرا CDD أكثر منه إذا ما قورنت بالكاميرا المعتادة، كما أن كاميرا CDD حساسة للأشعة تحت الحمراء القريبة وتعطى درجات وضـــوح عالـــية، ولذلـــك فاختـــيارها يعتبر جيداً لتصوير وتسجيل البردى المتفحم.

طرق أخرى لتسجيل وتصوير البردى المتفحم:

يلاحـــظ مـــن دراسة التصوير الفوتوغرافى للبردى المتفحم أنها عملية صعبة ويصـــعب معهـــا الحصول على نتائج مرضية فى بعض الأحيان، ويرجع ذلك إلى أنها تتطلب التحكم فى عدد هائل من المتغيرات. والهدف المراد تصويره هو لفائف وقصاصـــات البردى المتفحمة، وهذا فى حد ذاته يمثل عائقاً إذ لا يمكن أن توضع الـــبردية كاملة على سطح الماسح (Scanner) كما أن الزجاج الحاوى للقصاصات يقوم بترشيح الأشعة تحت الحمراء ذات الطول الموجى الكبير.

محاولات لتصوير البردى المتفحم بطرق أخرى:

1- التسجيل بالفيديو Video Recording:

ومن مميزاته إمكانية رؤية الصورة فوراً أثناء التصوير، وبالتالى يمكن ضبط الإضاءة عندها للأفضل وبسهولة، وأمكن استخدام كاميرا فيديو نوع: COHU 4710 Video Camera وهى تتأثر بنطاق موجى يشتمل على الأشعة تحت الحمراء القريبة (950) نانوميتر كما استخدم مها المرشحات للأشعة تحت الحمراء والحمراء.

ويمتاز أيضاً بإمكانية التصوير بأى زاوية من شريحة قصاصات البردى فمع التحرك والدوران حولها يمكن أن نلاحظ بسهولة الكتابات ونقرأها مما لا يستطيع عمله التصوير الفوتوغرافى والمتابعة والمباشرة من الشاشة دون انقطاع، وأثناء الدوران بالتصوير يمكن أن نلاحظ تغير سطح الكابة من اللون الأسود إلى درجات الرمادى والتقاط صور من الفيديو.

وعموماً فإن عدداً من الصور المتتابعة لجزء واحد يعطى مزيداً من المعلومات الأكثر فائدة عما إذا كانت صورة واحدة لجزء واحد، وإلا إننا نحتاج لمزيد من البحث حول كيفية الاستفادة من هذا الأسلوب.

2- التصوير المجسم Stereo Graphic Imaging

والهدف منها إيجاد التباين الرأسى للكتابات عن السطح الحامل لها، وتقوم الفكرة على أساس أن الكتابة بأقلامٍ أو بأداة كتابة على سطح البردى تحدث ضغطاً مما يجعل سطح الكتابة غائراً قليلاً عن باقى الكتابة حوله نتيجة للضغط بالقلم على مكان الكتابة، فإذا كان البردى مرناً إلى حد ما فإن الأماكن غير المكتوبة ستكون أعلى قليلاً من الأماكن المكتوبة، ويستخدم الميكروسكوب الثنائى لملاحظة هذا الفارق بالعمق ومع تكبير عالٍ فإنه يمكن رؤية الألياف بوضوح وتتعرف على تركيب الألياف نفسها به.

3- التصوير بالأشعة X-Ray Imaging

أيضاً التصوير بالأشعة السينية لكشف أى تباين فى الكثافة حيث امتص سطح الزجاج الأشعة أكثر من قصاصات البردى نفسها وقد أعطت الاختلافات فى قوة التعريض والتغير كذلك فى أزمنة التعريض صوراً بظلال اللون الرمادى ودون أى تفاصيل.

4- التصوير الحرارى Thermo graphic Image

وتم اختيار نوعين من الكاميرات الحرارية Thermo camera وهى:

- Inframeteries: Short 2-5 µm (طول موجى قصير).

– Agema: Long 8-12 µm (طول موجى كبير).

هذه الكاميرات تسجل التباين الحرارى على الأسطح الحرارية، حيث إن سطح البردى المتفحم يختلف فى امتصاصه للحرارة عن الكتابات ذاتها، كما أن شريحة الزجاج ليست شفافة لا تمرر الأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء وتمنع الكاميرا من كشف التباين الحرارى الناتج من القصاصات المصورة.

لذا فإن الكاميرا تسجل فقط درجة حرارة الزجاج نفسه (ونعليه بصمات الأصابع) وإن يؤثر التسخين الناتج عن مصباح تنجستين (عند درجة حرارة حوالى 45oم) فى تجنب ذلك.

معالجة الصور بالكمبيوتر:

بصفة عامة فإن تصوير البردى المتحجر عملية صعبة جداً، إلا إنه يمكن تحسين الصورة للأفضل، ونبحث فيها حتى نصل لنتيجة أفضل، وتأخذ عملية معالجة الصور كم هائل من زمن المعالج (Processor Time) حتى مع أسرع أنواع الكمبيوتر.

ويتطلب ذلك استخدام درجات وضوح عالية كما يجب أن نضع فى الاعتبار أن كثرة التعديلات على الصورة نفسها بمعالجتها يؤدى إلى نتائج مختلفة، ولهذا يجب الربط بين هذه المعالجة بالكمبيوتر أو الخبرة البشرية، وبعض هذه الأساليب تشمل الأشكال البيانية (Histogram Equalization) والتى تصنف على أنها طرق غير متغيرة، ويجب مقارنة الصور المعالجة مع الصور الأصلية.

والمعالجة الهدف منها إيجاد طرق جديدة لرؤية الصور، بينما نترك التعرف على حروف الكتابة للمتخصصين.

قراءة الكتابات الباهتة أو المحترقة على أوراق البردى:

وذلك بتعريضها لتركيزات ضوئية متفاوتة أو من خلال مرشحات مختلفة أو باستخدام الأشعة فوق البنفسجية (U.V) فى غرفة مظلمة لإظهار الكتابات والرسوم الباهتة والممحوة، كما يمكن استخدام التصوير الوهجى (fluorescent Photography) أو بالتصوير العادى مع استخدام تركيزات مختلفة للإضاءة مع التحكم فى نوع ورق الطبع ودرجة التحميض.

عاشراً: الطرق الكيميائية لإظهار الكتابات الباهتة:

1– قام العالم الإيطالى سانتوشى (Santucci) ببحث يتضمن طريقة لإظهار حبر حديدى على وثيقة وذلك بتندية الكتابة بمحلول (2%) من بولى كبريتيد

الأمونيوم Ammanium Polysulphide 2% ثم غسل الوثيقة بماء مقطر لمدة 20 دقيقة ثم الغمر فى محلول خلال الرصاص القاعدية ثم الغسيل بحمض الخليك (1%)، ثم الغمر فى النهاية فى ماء مقطر لتظهر الكتابة فى صورة راسب أسود من كبريتيد الرصاص، وكذلك يمكن استخدام حمض الجاليك والتانيك.

2- ذكر فاكلمان طريقة أخرى لإظهار الكتابات على أوراق البردى، أنه لكى نحصل على أفضل تباين بين الحبر والبردى يمكن تبييض البردية التى تحمل حبر كربونى باستخدام غاز Chlordioxid والذى يجعل البردى أفتح لوناً ولكنه لا يؤثر على جزئيات السيليلوز ولا على الحبر الكربونى، ودائماً ما يقاس قيمة الأس الأيدروجينى pH بعض التبييض، ويمكن علاج البرديات المكتوبة بحبر جال الحديد باستخدام Gallustincture، وأثناء مرحلة العلاج يبقى Tincture فى أماكن بقايا الكتابات حيث كانت، وبعد العلاج تظهر الكتابات بلون أزرق قاتم لكن سرعان ما تتحول إلى اللون الرمادى القاتم.

3- ابتكرت Kleve طريقة جديدة لقراءة النصوص والكتابات على البرديات المحترقة، وذلك أثناء العمل فى بردية يونانية من هيراكولانيوم حيث تم التعرف من خلال الميكروسكوب على بقايا الحروف المتآكلة التى يمكن ملاحظتها بالعين المجردة بعد تكبيرها ثم تناول البردية مكبرة حتى يسهل التعرف على بقاياها وبالتالى الحروف الناقصة.

4- ومن الطرق المفيدة فى تمييز الحروف، رسمها تحت ميكروسكوب، ويتصل الميكروسكوب بجهاز يعرض صورة القلم الذى ترسم به على الصورة التى نراها تحت الميكروسكوب، ولكن لا يمكن استخدام هذا الجهاز للرسم مباشرة على برديات هيراكولانيوم المتحجرة حيث يصعب رؤية كل الحروف لأن الحروف تكون باهتة جداً.

5- ويمكن تتبع رسم الحروف إذا كان لدينا صور فوتوغرافية مأخوذة للبردية من خلال الميكروسكوب، ويفضل استخدام فيلم ألوان حتى نميز لون الفيلم على البردية، وباستخدام جهاز رسم مع المصابيح المصاحبة له والتى تضئ أو توفر الإضاءة الملائمة للفيلم، ويمكن شف الحروف على ورق رسم وذلك سيستغرق وقتاً طويلاً ويحتاج لدقة شديدة لمقارنة الصور المأخوذة وتقصى خطوط الحروف المتآكلة المحترقة حتى تستطيع الوصول لنص مقبول.

6- وعلى هذا الأساس نقوم بعملية التكبير بعمل رسومات جديدة، وباستخدام ورق الرســـم البيانى يتم تتبع كل الحروف التى حول كل حرف أو بعد كل حرفين، ويساعد ورق الرسم البيانى لعمل تقييم سريع لأبعاد الأحرف.

7- ويـــتم تخزيـــن تلك المعلومات السابقة على الكمبيوتر فى ملفات بعد عملية الرسم ومقارنة تلك الكتابات بما هو سابق تخزينه فى الكمبيوتر لموضوعات مشابهة.



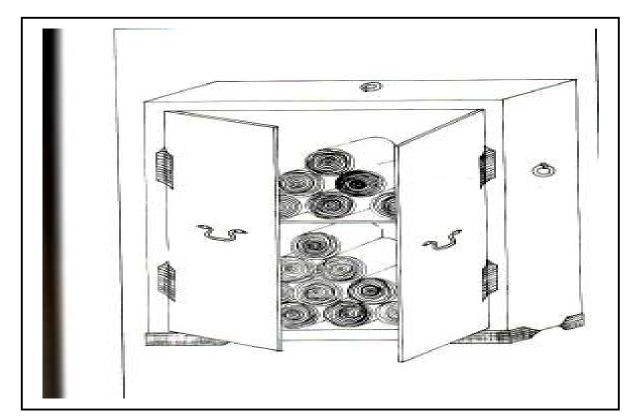
صورة (87)
مدينة هيراكولانيوم بعد اكتشافها



صورة (88)
نماذج من برديات متفحمة (متحف نابولى)



صورة (89)
لفافة بردى متفحمة



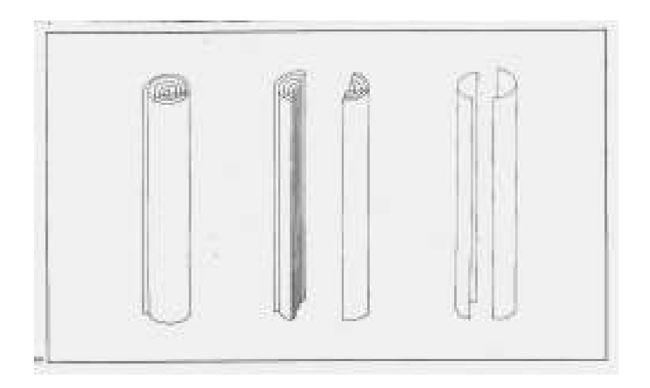
صورة (90)
أسلوب حفظ لفافات البردى داخل الخزانات



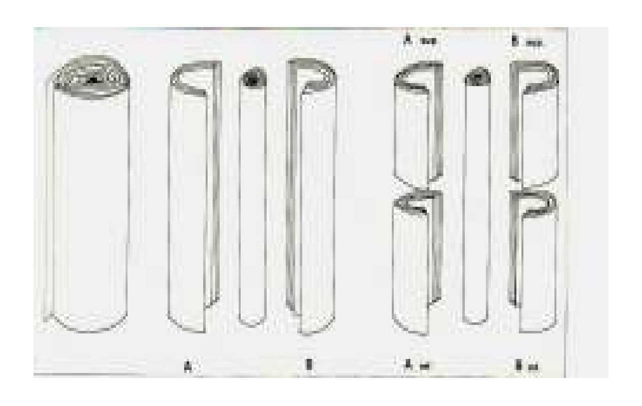
صورة (91)
لب (قلب) لفافة بردى متحجرة



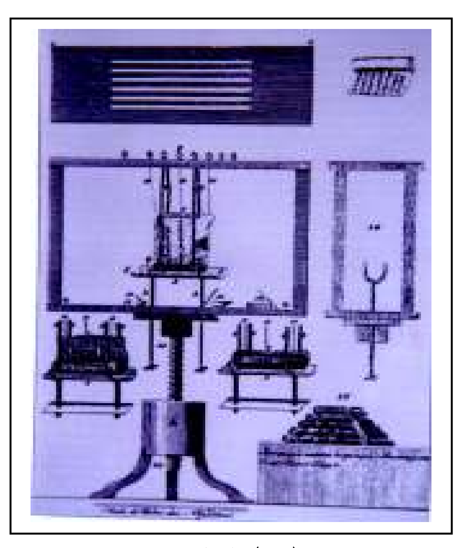
صورة (92) تقطيع لفافات البردى باستخدام سكين (طريقة بادرنى)



صورة (93) طريقة التقشير الكلى للبرديات المتفحمة لبادرنى



صورة (94) طريقة التقشير الجزئى للبرديات المتفحمة لبادرنى



صورة (95) شكل توضيحى
لآلة بياجو لفرد البردى المتحجر



صورة (96) آلة فرد البردى
المتحجر الحديثة المشابهة لآلة بياجو
[متحف نابولى] (من تصوير الباحث)



صورة (97) أسلوب فرد
البرديات المتحجرة على آلة بياجو
[متحف نابولى] (من تصوير الباحث)



صورة (98) بردية متحجرة
تم فردها باستخدام آلة بياجو

3- ترميم البردى:

مقدمة:

ترمـــيم أوراق البردى من العمليات المعقدة والممتعة فى نفس الوقت نظراً لما تواجـــه أوراق الـــبردى من مشاكل كثيرة نتيجة استخدام العديد من طرق الترميم الخاطئة وغير المسترجعة قديماً.

وترمـــيم أوراق الـــبردى عملية ذات طبيعة خاصة لها أصولها وتقاليدها التى لابد أن تمارس من منطلق الخبرة الواسعة والدراية الكاملة بطبيعة وخصائص هذه المـــادة. وتتنوع عملية الترميم حسب نوعية وخصائص البردية المطلوب ترميمها مـــن حيث مادتها وشكلها وسماتها الفنية، ويراعى عند عملية الترميم معرفة نوعية المواد التى استخدمت فى الترميم قبل ذلك إن كان سبق ترميمها، وإذا كانت البردية فـــى هيـــئة قصاصــــات يفضل الاستعانة بمتخصص فى اللغة بهدف إعادة ترتيب القصاصــــات الـــتى تكسرت بمرور الوقت، ويراعى ألا ينتج عن الترميم محو أو تغيير أو تشويه للكتابات.

ويـــراعى عـــند الترميم أن تكون المواد المستخدمة ذات تركيب كيميائى ثابت ولا تتحلل بمرور الزمن ولا تتفاعل مع مادة البردى كيميائياً، لذلك يفضل استخدام المـــواد الطبيعية فى الترميم، ولا يتم ترميم واستكمال البردى إلا فى حالات ملحة وضرورية، وأن يكون الترميم فى أضيق الحدود مع الحفاظ على مظهر البردية.

مـــع الأخـــذ بمبدأ التمايز والتناغم بين الجزء الذى تم ترميمه والبردية، وعند الاســـتكمال لابد من استخدام مواد من نفس طبيعة المادة المراد ترميمها بمعنى أن يرمم البردى بالبردى،

3-1 تجميع قصاصات البردى:

يضـــم قسم البرديات بالمتحف المصرى والمتحف اليونانى الرومانى كم هائل مـــن قصاصــــات الـــبردى التى تم تسجيلها كمجموعات تحت رقم موحد فى سجل المـــتحف، وكـــل مـــن هذه المجموعات تتكون من مئات القصاصات البردية غير المنشـــورة كتبـــت بلغات متعددة، وتم تجميعها من أماكن مختلفة، وتنتمى لعصور مختلفة، وجميع هذه القصاصات فى حالة ضعف وهشاشة كبيرة، والهدف الرئيسى من تجميع قصاصات البردى المكتشف هو إعداد بشكل مناسب حتى يمكن قراءاته لعلمـــاء البردى أو المتخصصين فى اللغات القديمة، وفى النهاية حفظه أو عرضه فى المتاحف.

وفيما يلى مراحل تجميع قصاصات البردى:

أ – التنظيف:

ويتم التنظيف باستخدام فرشاة صغيرة ناعمة، ويمكن استخدام مشرط غير حاد إذا كان الاتساخات متكلسة، ويراعى أن يتم التنظيف على ورق ترشيح، ويمكن أن يتم التنظيف باستخدام فرشاة مبللة بكحول إيثيلى، وتمرر على سطح القصاصات حيث تزيل الاتساخات، ويمتصها ورق الترشيح، ثم تترك القصاصات لتجف وتوضع بين ورق ترشيح جاف يعلوه زجاج يثبت معاً بكلبسات ضاغطة.

ب– تطرية القصاصات:

حيث يتم ترطيبها بالماء والاستعانة بالملاقيط والآلات البسيطة، وإذا كانت القصاصات ملتصقة ببعضها يمكن استخدام محلول التطرية الآتى: (10 أجزاء من الكحول الإيثيلى 70% + 5 أجزاء من CMC المذاب فى الماء والكحول 50% + 2 جزئ من هيدروكسيد الباريوم 2% فى الكحول). ويستخدم المحلول بأسلوب الرش الخفيف ثم الفصل اليدوى لكتل البردى، ثم توضع القصاصات على ورق نشاف نظيف خالى من الحموضة، ويمكن استعمال مبيد فطرى مع الورق المبلل على البردى قبل وضع لوح الزجاج.

ج– تصنيف القصاصات وترتيبها:

ويتم التصنيف بناءً على ما يأتى: الاستعانة بالأعداد والأرقام الموجودة على القصاصات إن وجدت، فصل القصاصات المكتوبة عن القصاصات غير المكتوبة وكذلك فصل القصاصات المكتوبة بحبر حديدى عن القصاصات المكتوبة بحبر كربونى، وقد يتم التصنيف أحياناً على حسب أسلوب خط الكتابة، ويتم إعادة ترتيب القصاصات بالتماثل الشكلى بمعنى مقارنة شكل الألياف وخاصة القصاصات التى يراد تجميعها لعمل ورقة من البردى، والجدير بالذكر أن من الأمثلة الناجحة على تجميع قصاصات البردى بالتماثل الشكلى ما قام به Barns حيث ذكر إمكانية تجميع قصاصات البردى بمقارنة الشكل السطحى والسمك واللون واتجاه الألياف وذلك باستخدام الصندوق الضوئى، أى الإضاءة أسفل البردى بلمبات التنجستين، ويتم العمل فى غرفة مظلمة وباستخدام عدسات مكبرة وميكروسكوب ثنائى العدسة بقوة تكبير بسيطة للتعرف على التفاصيل الدقيقة لأشكال قصاصات البردى المراد تجميعها، وأحياناً يسلط الضوء على القصاصات حتى يمكن تمييز القصاصات المختلفة السمك، وذلك برؤيتها ومن خلفها الإضاءة والتصنيف بالتماثل الشكلى يميز قطع البردى عن بعضها البعض، ويسهل التعرف على القطع المتشابهة عن

طــريق الســمك حيث أن صناعة البردى اختلفت من عصر إلى آخر ففى العصر البــيزنطى بلــغ سمك شرائح البردى ما يساوى سمك الكارتون، وازدادت عيوب الصــناعة علــى عكــس البرديات الفرعونية، فمعظمها صنعت من شرائح عالية الجودة.

د – تجميع القصاصات:

ويمكــن تجمــيع قصاصــات البردى بأكثر من أسلوب، حيث ذكر عبد الحميد التجمــيع بالتثبيت على ورق نسيجى مزود بمادة خلات السيليلوز الشفافة. كما يمكن التجمــيع باســتخدام شــرائط الورق المصمغ حيث يتم تجميع القصاصات باستخدام شرائط رقيقة من الورق المصمغ وتقطع هذه الشرائط لقطع أصغر حسب المطلوب، وهذا التجميع على خلف البردية دون وضعها على الكتابات، كما يستبعد استخدام أى نــوع مــن الســلوتيب حيث يتغير لونه إلى البنى خلال خمس سنوات، ومن نماذج تجمــيع القصاصات بأسلوب خاطئ باستخدام بلاستر العمليات الجراحية اللاصقة فى التجمــيع، حيث نفذ اللاصق المطاطى للبردى والتصق بسطح الزجاج أسفله وأعلاه، وكــان من الصعب التخلص منه. ويمكن تجميع القصاصات باستخدام HPC والورق الخــالى مــن الحموضة حيث تم استخدامه فى تجميع قصاصات ترجع إلى العصر الــرومانى الــيونانى، واســتخدام HPC لغرضــين أولهما التندية والثانى استخدامه كلاصــق مع استخدام الورق الخالى من الحموضة لربط القطع المتجاورة ثم وضعها بيــن لوحيــن من الزجاج سمك 2مم. وأحياناً يتم الترميم باستخدام قطع صغيرة من شرائط Tabs من الورق اليابانى الملصوق باستخدام عجينة من نشا القمح.

ويتمــيز الورق اليابانى بقوته، كما يمكن تلوينه ليصبح أكثر ملائمة باستخدام الألــوان المائية إذا ما دعت الحاجة لذلك، وبذلك يحدث تجانس بين الورق اليابانى والــبردية. ويستخدم لاصق نشا القمح بشكل واسع فى صيانة البرديات لأنه لاصق يمكــن استرجاعه بسهولة، ويمكن لشرائط الورق اليابانى أن تُلصق على الأجزاء المنفصــلة لإعــادة ربطهــا فى الوضع الصحيح، وبعد ذلك يتم ضغط البردية بين Bondina وورق نشاف جاف مع زجاج وأثقال توضع فوق الزجاج ويراعى تغيير الورق النشاف بانتظام حتى تجف البردية.

3–2 إزالة الترميمات القديمة الخاطئة:

اشتملت وسائل الإصلاح قديماً على استخدام شرائط من Gold Beaters Skin وهو غشاء حيوانى رقيق أو قطع من شرائط لاصق وهى قطع من الحرير ملصقة بغــراء حيوانى، واستخدمت فى البداية كتمهيد لوضع الشريط اللاصق. وقد تأثرت

كثـــير مـــن القطع التى تم عمل خلفية لها وتدعيمها أو التى أصلحت بهذه الطريقة، ومن ثم تعرضت كل أقسام الوثيقة للتشويه، وتسببت المعالجات القديمة فى كثير من المشاكل اليوم وخاصة مع استخدام مواد ذات نوعية رخيصة.

ويـــتم أولاً فحص القطعة عن قرب حتى لا نزيل إصلاحات أثرية، فربما كان هـــناك قطع برديات صغيرة استخدمت فى الماضى لإصلاح القطعة، ولا يجب أبداً إزالة هذه القطع لأنها ذات قيمة تاريخية، يجب إزالة الجلاسين – ورق مقاوم لنفاذ الهـــواء والدهـــن – وإزالة الورق البنى.. الخ. فى أغلب الحالات تم استخدام هذه المـــواد فى أماكن الحفائر، ففى بعض البرديات تم استخدام شريط من الورق البنى وشـــريط الجلاسين المطاطى، وتم وضعها على البرديات فى الموقع لتأمين القطع، غالباً ما يتم العمل فى موقع الحفائر بطريقة غير علمية وأحياناً لا يتم تجميع القطع بشكل صحيح أو تنثنى بعض الأجزاء لأسفل.

أما بالنسبة للشريط البنى وشريط الجلاسيين وأوراق الطوابع الصمغية فيمكن إزالـــتها مـــن الأوراق بعـــد ترطيبها، فيم ترطيبها برفق باستخدام فرشاة أو ورق ترطيب، وبعد عدة دقائق يتم رفع أو تقشير الشريط، مع مراعاة عدم تقشير الألياف والحـــبر، وبالنســـبة للأجزاء الكبيرة يتم ترطيبها من الواجهة والخلفية (بين أوراق الترطيب) ولكن فقط لفترة وجيزة، مع فحص القطعة من وقت لأخر. ويجب العناية بصورة أكبر إذا كان هناك كتابة على القطعة، مع الوضع فى الاعتبار أن معالجات الترطيـــب تُضعف القطعة، لأنه عندما تجف الألياف تصبح أكثر هشاشة، ومراعاة عـــدم إزالة أى أجزاء صغيرة أو شريط من المناطق الشديدة الهشاشة والتى تحوى كتابة حتى لا نفقدها.

وإذا كـــان هـــناك أى مخاطرة فيفضل ترك القطعة كما هى وسيكون على الباحثيـــن إيجـــاد طرق أخرى لتوضيح النص كاستخدام الأشعة الفوق بنفسجية مـــثلاً. وإذا كان الحبر غير ثابت على البردية فيتم تثبيت الحبر باستخدام ميثيل السيليلوز.

نـــادراً ما يمكن إزالة شرائط السكوتش، ففى بعض الأحيان تُزال إذا ما جفت المادة اللاصقة، وعندها يمكن إزالتها بمجرد رفعها بحرص، ومراعاة إزالة كرات المـــادة اللاصقة الدقيقة التى تظل موجودة بعد رفع الحامل. ويجب فصل البرديات إذا مـــا كانـــت مدعمة بورق مقوى، وتُسبب بعض طرق المعالجة القديمة مشاكل حالـــياً وبخاصـــة عـــندما تكـــون خامات التدعيم المستخدمة من مواد ذات جودة منخفضة.

3-3 استبدال الشرائح المسامية من لفائف البردى: (تلف ناتج عن سوء التصنيع)

لمعــرفة الطرق التى استخدمها المرمم قديماً لعلاج بعض المشكلات المعقدة مثل لفافة محطمة إلى نصفين أو بردية متهالكة بطول القرطاس مما يتطلب إعادة عمــل عمــود أو عــدة أعمدة من الكتابة أو بترميم تآكل حواف اللفافة أو بعض القطــوع والشــقوق الصغيرة التى لا يمكن رؤيتها إلا بوضع اللفافة فى مواجهة الضــوء. وذكرت G. Menci نقلاً عن بلينى أحد مظاهر التلف الناتجة عن سوء التصنيع وتتمثل فى إدخال شرائح مسامية (غير جيدة) فى بناء اللفافة حيث تتشبع وتمــتص المــداد بشــكل زائد عند الكتابة عليها، وينتج عن ذلك بعض البقع مع اســتحالة الكــتابة على القرطاس نفسه أو على ورقة البردى، وبالرغم من وجود عــيوب أخرى أكثر شيوعاً فإن ذلك العيب من قبل صانعى البردى كان لا يظهر للمشترى إلا عند شروعه فى الكتابة على اللفافة، ويبدأ المداد فى التمدد ولاسيما فى المنتصف(*).

أ – طريقة العلاج:

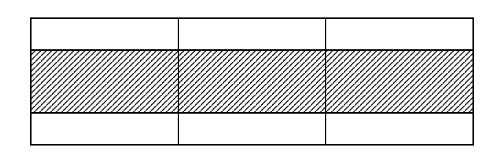
- ترى منشى Menci أنه من الطبيعى الاستنتاج من نص بلينى أن هناك إشارة لما يسمى بفكرة (Taenea) أو الشريحة شديدة المسامية الماصة والتى يجب استبعادها فى البداية قبل استبدالها بالشريحة الأخرى المكتوبة حديثاً.
- إعداد لاصق مناسب غالباً ما يكون بخلط الدقيق والماء المغلى مع إضافة قليل من الخل وذلك للصق البردية والتى أصبحت مقسمة لقسمين (قطعتين من البردى).
- يتم ترقيق الطرفين المراد لصقها معاً باستخدام مطرقة لتفادى أى انكماش أو تجاعيد قد تفسد شكل البردية وتعوق الكاتب أثناء الكتابة.
- وضع اللاصق النشوى على الطرفين المراد لصقهما معاً وضغطهما معاً حتى تمام الالتصاق وبعد ذلك يتم إزالة التموجات والتجاعيد عن طريق التسوية بالمطرقة فى الاجزاء التى تم لصقها.

ب– تعليق لويس .Lewis, N

تــرى لويس أن مثل هذا العيب الذى وصفه بلينى يمكن أن يحدث ويظل غير ظاهــر فــى أى جــزء من القرطاس وليس فقط فى الأوراق الوسطى كما تقصد

* وتوجد ترجمة أخرى تشير إلى أن العيب يكون عندما توجد شريحة مدمجة فى منتصف اللفافة إسفنجية القوام بسبب فطريات تصيب البردى، ولا يمكن تمييز ذلك العيب إلا عندما تبدأ الكتابة فى البهتان وكان العلاج يتم عن طريق لصق شريحة بردى أخرى بين كل ورقة وورقة حتى يتم تغطية الوصلة بينهما والتى يتضح وجودها بسبب الامتصاص الزائد للمداد.

Menci فإن كلمة (وسطى) يمكن تفسيرها بأنها لا تعنى فى الواقع أوراق المنتصف ولكنها تعنى فى منتصف الأوراق أى (وسط الورق) فى المنطقة المفترض أنها ستتلقى الكتابة وهى المنطقة الموضحة بالرسم. ولكن إذا كانت الشرائح المسامية بالقرب من الهامش العلوى أو السفلى فى اللفافة أو فى ظهر البردية فإن ذلك لا يمثل إطلاقاً أى مشكلة، ويمكن أن يمر بدون حتى ملاحظته، إذ أنه لم يكن يستقبل مواد الكتابة باستثناء حالات نادرة.



وأشارت لويس أيضاً أن اللاصق المستخدم فى جميع مراحل إنتاج البردى سواءً فى تجميع الأفرخ Kollemata المفردة لتشكيل اللفائف أو فى إصلاح العيوب المحتملة. بمعنى أن نفس نوع اللاصق المستخدم فى إصلاح العيوب الخاصة باللفائف قد استخدم أيضاً فى تصنيعها. ويمكن التعليق هنا فى أن عملية استبعاد الجزء المصاب من بردية خام والتى تكمن فى قطع ذلك الجزء وترقيق الهوامش التى سيعاد لصقها بالمطرقة ثم وضع اللاصق وتسوية أى تموجات فى الأفرخ الجديدة عن طريق الطرق بمطرقة، والعملية السابقة تشبه إن لم تكن مطابقة للعملية المستخدمة فى تجميع الأفرخ المنفصلة لتكوين اللفافة نفسها مع وجود اختلاف وهو أنه فى الحالة الأخيرة لا يوجد ما يمكن استبعاده من اللفافة.

ومن المحتمل أن بلينى الأكبر قد وصف تلك العملية مرة واحدة فقط عند معالجته لموضوع الترميم الخاص بالبرديات رديئة الصناعة، ربما لثقته من أن قراءه سوف يذكروها بديهياً عند الحديث عن صناعة اللفائف نفسها.

وهذا يعنى أن عملية استبدال الشرائح المسامية من لفافة جديدة كانت فى شكلها وخطواتها العامة هى نفس الخطوات المستخدمة فى ترميم لفافة كتب عليها منذ زمن وبهذه الطريقة يمكن استبدال الجزء الذى أصابته الرطوبة بالبقع أو التآكل بفعل الحشرات أو قطعها كاتب غير ماهر أو أصيبت بالتلف لأي سبب آخر. ومن الواضح أن عمليات اللصق والطرق لم يكن ينظر إليها على أنها تدخل فى صلب صناعة شرائح البردى بل على أنها عملية تشطيب تتم بعد صناعة البردية بل وأحياناً بعد كتابة اللفافة.

ج- بعض الأمثلة على طريقة الترميم التى ذكرها بلينى:

ذكـــرت بعض الأمثلة على استبدال جزء فى منتصف اللفافة مثل لفافتين أشار إلـــيهما Dorandi واحدة منهما عبارة عن لفافة لهوميروس تحتوى على القصيدتين 23، 24 من الألياذة والأخرى عبارة عن نص سيرة ذاتية من المدرسة الأبقورية.

وفى الحالة التى وصفها بلينى والتى يظهر فيها العيب نتيجة المسامية الشديدة لـــبعض الشـــرائح أثـــناء الكتابة فإنه لم تكن هناك حاجة لاستبدال الأفرخ المصابة بأخـــرى ســـليمة إذ يكفى استبعادها ثم إعادة لصق جزئى اللفافة معاً. ونلاحظ أن المطـــرقة تدخل مباشرة ضمن أدوات المرمم الماهر للبرديات، حيث يهمل البعض استخدام المطرقة فى ترقيق الحواف قبل لصقها ثم تسويتها.

كمـــا أن بعـــض المرممين قد وصلوا طرفى قرطاس مقطوع بسهولة بتطبيق شريحة تقوية فوقها سواءً على الظهر أو على الوجه.

كمـــا يوجد نموذج آخر على استخدام تلك الطريقة فى الترميم للبرديات، وهى لفافـــة تـــبقى مـــنها جزء أبعاده 14 × 9 سم، ترجع لنهاية القرن الثانى الميلادى ويظهـــر فى ذلك الجزء شرخ غير مرئى على وجه الجزء المتبقى من اللفافة، كما يظهـــر من الخلف شريحة من البردى لإصلاح التمزق وهى بذلك تتكون من أربع طـــبقات مـــن البردى ولذلك فهى سميكة. كما أن الظهر المغطى بشريحة الترميم أعيدت كتابتها حوالى منتصف القرن الثالث الميلادى على وجه الشريحة.

د – نقد طريقة الترميم السابقة:

- أن هذه الطريقة فى الترميم تؤدى إلى زيادة فى سمك البردية وخاصة فى الأجزاء التى تم ترميمها مما يؤدى إلى وجود أربع طبقات من البردى.
- الشريحة المضافة أثناء الترميم يمكن أن تكون ذات طول مختلف عن تلك الخاصة باللفافة الأصلية، كما أن كتابة الجزء الذى تم ترميمه كان بالضرورة مختلف عن كتابة اللفافة الأصلى. ويمكن تمييز الجزء المرمم مع البرديات التى تصل إلينا فى حالة جيدة ولكن يصعب ذلك فى البرديات القديمة والتى تكون فى صورة شظايا.
- يمكن رؤية الجزء الذى تم ترميمه على الوجه لو أن الشريحة وضعت فى خلف البردية والعكس.

3-4 طرق استكمال البردى:

كـــان الـــبردى قديمـــاً لا يـــتم ترمـــيمه بطـــريقة الاستكمال كما يحدث مع المخطوطـــات والوثائق الورقية، ولعل السبب فى ذلك هو تقليل التدخل فى الترميم

لتجنب الأضرار التى يمكن أن تنتج عن المواد المستخدمة فى الترميم، ولا يمكن استرجاعها، ولذلك كان يفضل الحفظ فقط دون الاستكمال. إلا أن عدد من العلماء قام بترميم البردى بطريقة الاستكمال

أ – الاستكمال بلب البردى:

وكان فاكلمان Fackelmann أول من قام بترميم البردى بلب البردى وذلك باستخدام عجينة بردى من قصاصات البردى القديمة.

ثم كانت المحاولة التالية لذلك عام 1974م وذلك باستخدام عجينة البردى لترميم كتاب من البردى فى فيينا، وقد استخدم كذلك عجينة البردى من قصاصات بردى قديمة، وكانت حالة كتاب البردى شديدة التلف والأوراق متحجرة وملتصقة ببعضها، وكان لابد من استكمال كعوب الصفحات (ضرورة ملحة للاستكمال). ثم قام رجب عام 1980م باستكمال البردى بعجينة بردى طازج فى سد الثقوب التى تسببها القوارض.

وفى عام 1983 تم استخدام لب البردى فى صناعة الورق الحديث ودراسة أثر تعطين[*] وعجن البردى على خواص الورق المنتج، وتم إعداد عجائن مختلفة من بردى غير معطن وآخر معطن باستخدام معالجات مختلفة (الصودا الباردة ومعالجات الصودا والسلفات) وبتركيزات متباينة، وظهر من الدراسة أن محتوى اللجنين والهيموسيليلوز فى العجينة المأخوذة من البردى المعطن أقل منه فى العجينة المأخوذة من بردى غير معطن، اللجنين والهيموسيليلوز فى معالجة الصودا أقل من اللجنين فى معالجة السلفات والصودا الباردة، وأشارت الدراسة أيضاً إلى أن الورق المصنوع من بردى معطن له قوة شد أعلى من ورق البردى غير المعطن، وتعطى المعالجة بالسلفات قوة شد أفضل من المعالجة بالصودا والصودا الباردة، كما تحسن عملية تعطين البردى من قوة الضغط فى الورق ومقاومة التمزق.

وفى عام 1986م قام حسام الدين(Hussam El Din) بترميم البردى باستخدام عجينة البردى، وبنفس الطريقة المستخدمة لترميم الثقوب فى المخطوطات الورقية باستخدام لب الورق مع استخدام بعض اللواصق فى لصق تلك العجينة بحواف البردية. وفى عام 1993م ابتكر رجب جهازاً لترميم الثقوب فى البرديات المتهالكة باستخدام لب البردى.

---

* تتم عملية التعطين بتخزين المواد السيليلوزية تحت الماء فى غياب الهواء والحديد والمواد الأخرى التى يمكنها أن تتفاعل لتكون الأملاح ذات اللون الغامق.

2- الدراسة التى قام بها المؤلف لاستخدام لب البردى فى الترميم وعمل خلفيات للبرديات المتهالكة والضعيفة:

قـــام المؤلــف بدراسة تجريبية على استخدام لب البردى فى استكمال الأجزاء المفقودة على بردية متقادمة صناعياً كالتالى:

أ - تصنيع بردية حديثة بطريقة الشرائح وإحداث تلف بها فى المنتصف وفى أجزاء من جانب البردية وإجراء تقادم حرارى للبردية التجريبية بوضعها داخل فرن حرارى لمدة 144 ساعة فى درجة حرارة 100م مئوية بما يعادل 50 عاماً فأصبحت البردية فى حالة جفاف وهشاشة شديدة والتفت حول نفسها.

ب- تم تطرية البردية داخل غرفة الترطيب لمدة 90 دقيقة حتى استعادت البردية مرونتها ثم تجفيفها وتقويتها بمادة HPC مخفف 2% المذاب فى الكحول.

ج- تم استكمال الأجزاء المفقودة فى منتصف البردية بلب تم إعداده من شرائح بردى طبيعية مقاربة فى لونها من لون البردية المراد استكمالها، وتقطيع الشرائح لأجزاء صغيرة جداً حوالى 2-4 مم وضربها فى خلاط مع ماء لمدة 3 ساعات حتى تمام التجانس ثم يصفى اللب من الماء الذائب حتى تصبح العجينة لزجة.

د - تم وضع البردية على ورق عازل وملئ الأجزاء المفقودة بلب البردى سابق التجهيز بكمية مناسبة للمساحة المفقودة وامتصاص الذائب من الماء بورق نشاف من أعلى وأسفل ثم تنظيم اللب بحيث يكون السمك مقارباً لسمك البردية التى يتم استكمالها، ويمكن إضافة مادة لاصقة مع اللب مثل HPC.

هـ- توضع البردية بين ورقتى كرتون أملس ثم تجفف تحت أثقال.

نتيجة الدراسة :

- لب البردى المضاف التصق جيداً مع البردية وبسمك مقارب جداً للبردية المستكملة.
- لب البردى بعد الجفاف كان متجانساً من ناحية المظهر واللون، كما أن الجزء المستكمل كان قوياً.

2-2 استخدام لب البردى فى الترميم بجهاز الترميم باللب:

وقـــام الباحـــث بإعداد نموذج لأحد البرديات الموجودة بمتحف الفن الإسلامى (رقم 25268)، والبردية بها أجزاء مفقودة فى الحواف، وقام المؤلف بإجراء تقادم حـــرارى لهذه البردية التجريبيه كما سبق، وتم استكمال الحواف والأجزاء المفقودة بمعلـــق لب البردى باستخدام جهاز الترميم بمعلق اللب Leaf Casting Machine

الموجود بدار الكتب والوثائق القومية، وتم حساب كمية اللب اللازمة على المساحة والسمك المطلوب حتى يتم ملئ الأجزاء المفقودة. وبعد الانتهاء يتم تجفيف البردية واللب معاً بين ورق كرتون ناعم حتى تمام الجفاف.

النتيجة :

الجزء المستكمل متجانس فى السمك واللون مع أجزاء البردية، هذا إلى جانب الترابط الجيد بين البردية والجزء المستكمل.

استخدام لب البردى فى عمل خلفيات للبرديات الأثرية الضعيفة:

حيث وجد الباحث أنه فى بعض المتاحف يتم ترميم البرديات وعرضها على خلفيات من أوراق البردى، ولذلك تم إجراء عدة تجارب لعمل أوراق من البردى يمكن استخدامها كخلفيات للبرديات الأثرية الضعيفة. وتم تصنيع خلفيات بطرق مختلفة منها طريقة المصرى القديم (طريقة الشرائح من طبقتين أحدهما أفقية والأخرى رأسية) وأيضاً تصنيع خلفيات من أوراق بردى من طبقة واحدة فقط من الشرائح وأخرى بطريقة السدى واللحمة المستخدمة مع النسيج، وأخيراً إعداد خلفيات من عجينة البردى.

عمل خلفيات من عجينة البردى:

تم تجهيز عجينة بردى من قصاصات بردية صغيرة جداً تم نقعها فى الماء لمدة 72 ساعة ثم خلطها داخل خلاط حتى تصبح خليطاً متجانساً وتفرد على مسطحات بمساحة الورقة المطلوب تصنيعها مع مراعاة لون اللب المطلوب لعمل الخلفية بحيث يكون متجانساً مع لون البردية الأثرية المراد عرضها.

النتيجة :

- الخلفيات المصنعة من لب البردى لها العديد من المميزات، فهى قوية ومتماسكة من ناحية خصائص قوة الشد والتمزق ومقاومة الرطوبة والحرارة كما ذكر ذلك رجب.
- متجانسة من ناحية المظهر والشكل، فهى أسلوب يشبه الترميم بلب البردى للثقوب، ولا يفضل الباحث استخدام أى لاصق بين البردية والخلفية المصنوعة من لب البردى حتى تكون سهلة الاسترجاع مع مراعاة لون اللب المستخدم فى عمل الخلفية. وقد قام الباحث بعمل أوراق متنوعة من ناحية اللون يمكن استخدامها كخلفيات متجانسه مع ألوان البردى المختلفة (من الكريمى إلى البنى).



صورة (99) نموذج لأحد البرديات بمتحف الفن الإسلامى بها أجزاء مفقودة قبل الاستكمال باللب



صورة (100) البردية السابقة بعد استكمالها بلب البردى باستخدام جهاز الترميم بمعلق اللب



صورة (101) بردية تجريبية تم استكمال الثقوب فيها بلب البردى وتشير الأسهم إلى أماكن الاستكمال



صورة (102) أحد نماذج أوراق البردى المصنعة من لب البردى يمكن استخدامها كخلفية

ب- الاستكمال بشرائح البردى:

فى عام 1983 قام Abdel Hamid باستعمال شرائح بردى قديمة لترميم البردى الأثرى مع استخدام بعض اللواصق الطبيعية مثل الصمغ والجيلاتين والنشا، وأحياناً كربوكسى ميثيل سيليلوز. وفى عام 1986م قام Abdel Hamid بدراسة واسعة للطرق المحتملة التى يمكن استخدامها لترميم البردى بطريقة الشرائح.

2- طرق الترميم بشرائح البردى:

وقام بهذه الطريقة بعض العلماء فى ألمانيا والنمسا، وكذلك قام Ragab 1980 بترميم البردى باستخدام شرائح البردى الحديثة بطريقة الخلفية، وهذه الطريقة لها أصول فى روسيا ورومانيا وأسبانيا.

وفى عام 1983م قام حسام الدين باستعمال شرائح بردية قديمة لترميم البردى الأثرى وكان يتم فك شرائح البردى القديم بالطريقة الآتية (طريقة إنجليزية):

- يتم الغمر لمدة 10-15 دقيقة فى حوض أيدروكلوريك 10%.
- يتم الغسيل بماء جارى ثم ماء مقطر (وتنفصل شرائح البردى).
- تتم معادلة الشرائح بواسطة محلول كحولى من إيدروكسيد الباريوم 3%.

وكان يتم الترميم باستخدام اللواصق الآتية:

- لواصق طبيعية مثل الصمغ والجيلاتين والنشا بعد إضافة الجليسرين ومواد أخرى حافظة من الإصابات الفطرية.
- استعمال لواصق طبيعية مضافة إلى كربوكسى ميثيل سيليلوز وهو مادة مقاومة للتعفن وفى نفس الوقت له خواص لاصقة ومقوية وتعيد حيوية ورق البردى.
- أحياناً تستعمل لواصق صناعية مثل لواصق الإكريليك، وهى تعتبر تجربة جديدة لاستخدام اللواصق المخلقة فى الترميم.

بعد ذلك فى عام 1986 قام حسام الدين عبد الحميد بدراسة واسعة للطرق المحتملة التى يمكن استخدامها لترميم البردى بطريقة الشرائح كالتالى:

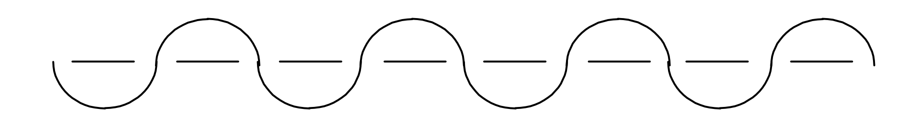
الطريقة الأولى :

حيث يتم استكمال الأجزاء المفقودة بواسطة طبقتين من الشرائح أحدهما أفقية والأخرى رأسية، وهى طريقة مشابهة للطريقة التى استخدمها المصرى القديم لتصنيع البردى بواسطة الشرائح؛ بحيث يكون الاستكمال من وجه البردية باستخدام

طـــبقة الشــــرائح الأفقـــية ومراعاة التراكب Over Lapping بين الشرائح ثم وضع الطــبقة الأخـــرى من الشرائح من الخلف Verso بطريقة رأسية ثم وضعها تحت مكبس حتى الجفاف، وبعد ذلك تتم عملية التسوية للشرائح بحيث تكون متجانسة مع الـــبردية فـــى السمك. ويراعى التجانس اللونى بين الشرائح التى يتم الاستكمال بها وباقى البردية.

الطريقة الثانية :

الترمـــيم بشــــرائح البردى المنسوجة بشكل السدى واللحمة وهو يشبه طريقة المصرى القديمة مع اختلاف وضع الشرائح.

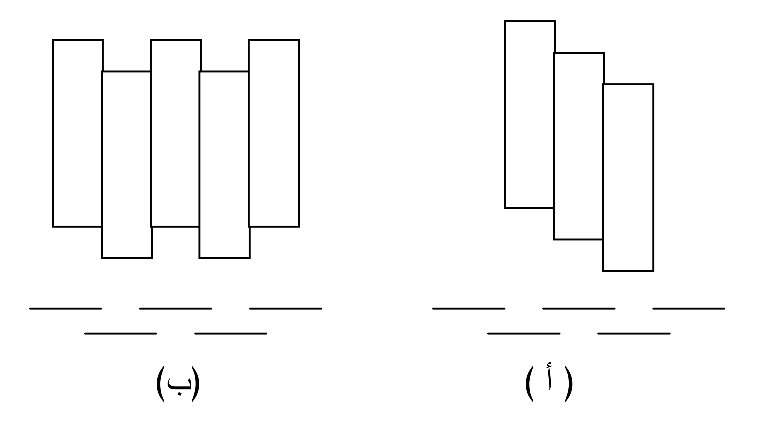


الطريقة الثالثة:

الترميم باستخدام شرائح بردية متوازية كالتالى:

أ – الترميم باستخدام طبقة واحدة من الشرائح فقط ومراعاة التراكب بين الشرائح.

ب– نفس الطريقة السابقة مع رص الشرائح فى شكل تبادلى واحد من الأسفل والآخر من الأعلى.



(ب) (أ)

ج- الترميم بألياف البردى: (أسلوب الرفا بألياف البردى) من ابتكار المؤلف

تضـم المتاحف والمجموعات الخاصة برديات أثرية متهالكة وفى حالة ضعف شـديد، ورغم ذلك عند الترميم لا توجد أجزاء مفقودة من البردية تستدعى الاستكمال بشرائح البردى أوثقوب تحتاج لتدعيم وترميم بلب البردى، ومظهر التلف المنتشر فى هـذه البرديات أجـزاء ومساحات متآكلة وأحياناً مفقودة فى شرائح البردى أو بين الشـرائح مما يـؤدى لمظهر سيئ للبردية وكذلك الضعف والتهتك. وأفضل طرق ترمـيم ذلك المظهر من التلف هو التدعيم والتقوية بألياف البردى (الرفا) وقد استنبط هذا الأسلوب من أسلوب الرفا المستخدم لترميم الألياف النسيجية. وهو الأسلوب الذى ابـتكره الباحـث لترمـيم وتدعيم أوراق البردى المتهالكة والضعيفة مع مراعاة لون الشـرائح الـتى تسـتخدم فى الاستكمال أن تكون متجانسة فى لونها مع لون البردية المراد ترميمها، واستخدام اللواصق الطبيعية قدر الإمكان، ومن اللواصق التى يفضل اسـتخدامها (الصـمغ العـربى، كربوكسـى ميثـيل سيليلوز، الهيدروكسى بروبيل سـيليلوز)، وأن تكـون مساحة الشريحة المضافة تتناسب مع الجزء المراد ترميمه، وأن يكـون اتجاه وضع الشريحة على ورق البردى هو نفس اتجاه الشرائح أو ألياف البردية الأثرية، وعادة يتم الاستكمال من خلف البردية غير المكتوب عليها.

المواد والخامات المستخدمة :

1- شرائح بردى بجميع مراحل التصنيع وبدرجات لونية متعددة.
2- لاصق CMC أو Klucel.G مخفف.
3- صبغات طبيعية وخاصة التى تعطى اللون الأصفر والبنى.
4- عجينة بردى مرشحة من الألياف باستخدام قطعة من الشاش.
5- منضدة مضيئة Light table.

تكنيك الترميم :

1- تجهيز الألياف: من شرائح البردى السابقة التجهيز وتكون درجة اللون للشرائح مقاربة للون الجزء المراد ترميمه وباستخدام ملقاط يتم فصل ألياف من هذه الشريحة مفردة بشكل خيط النسيج غير المزوى وتكون الألياف بطول الشريحة وهكذا حتى يتم تجهيز كمية من الألياف بأطوال مختلفة تكفى لترميم الأجزاء المفقودة المراد ترميمها.
2- وضع الألياف السابقة التجهيز فى صبغة طبيعية بدرجة مقاربة للون البردية الأثرية (يمكن استخدام صبغة [الكاد - قشر البصل - الشاى]) وتركها لمدة 48 ساعة حتى تصبح مرنة وتكتسب درجة لونية مقاربة للبردى الأثرى.

3- يتم اختيار ليفة بطول الجزء المراد ترميمه ووضعها فى محلول لاصق من CMC أو Klucel.G باستخدام ملقاط.
4- توضع الليفة باستخدام الملقاط والدفرة فى الأماكن المفقودة المراد ترميمها بنفس التعرجات والالتواءات فى البردية الأثرية وبنفس طول الجزء المفقود، وتثبت باستخدام Spatula أو مشرط بجانب الشرائح الأثرية.
5- تكرار هذه العملية حتى يتم ملء المساحات الطولية أو العرضية المفقود بالبردية بالألياف بجانب بعضها وضغطها معاً بنفس شكل الجزء المفقود.
6- تركها تحت أثقال لمدة 24 ساعة حتى الجفاف والالتصاق.
7- تسوية أو صقل الألياف الحديثة وإزالة المساحات الزائدة منها، وباستخدام عجينة البردى سابقة التجهيز والمرشحة توضع على الجزء المستكمل ويتم فردها لملء الفراغات من الألياف الحديثة، حتى تعطى شكل شريحة البردى الأصلية ويمكن إضافة صبغة لعجينة البردى لإكسابها نفس لون البردية.
8- إذا كان هناك اختلاف فى الدرجة اللونية بين الجزء الذى تم ترميمه والبردية الأثرية يمكن باستخدام الصبغات الطبيعية إعطائه وإكسابه لوناً مقارباً للون البردية الأثرية.

واستكملت العديد من البرديات التجريبية بهذا الأسلوب بعد إحداث تلف بها مشابه لنفس مظهر التلف الموجود بالبرديات الأثرية، وكانت النتيجة ناجحة وجيدة مميزات هذه الطريقة:

طريقة بسيطة وآمنة ويمكن لأى مرمم تنفيذها بسهولة فى المتاحف وهيئات الترميم.

1- غير مكلفة ولا تحتاج لمجهود كبير.
2- متجانسة من ناحية ترميم البردى بألياف البردى.
3- مقبولة من ناحية المظهر.
4- لا تستخدم معها أى مواد كيمائية يمكن أن تؤثر على ألياف البردى الأثرى فى المستقبل.

يمكن استرجاع الألياف التى تم الترميم بها بسهولة وبدون إتلاف للبردية الأثرية.

3-5 إزالة الخلفيات القديمة Facing and Removal of Backings

وعند محاولة إزالة تلك الخلفيات، نجد فى أغلب الحالات برديات شديدة الهشاشة مما يتطلب حرص ودقة شديدة عند إزالتها وإعادة تبطينها باستخدام مواد

أرشيفية جيدة [الورق اليابانى وعجينة نشا القمح] وتتميز تلك البطانة بأنها رقيقة السمك بدرجة تسمح برؤية الألياف من خلالها.

وإذا كانت البردية قوية بما يكفى يتم تثبيتها باستخدام شرائط صغيرة Tabs ولا تحتاج لإعادة تبطين. وفى بعض الأحيان نجد أن البردية شديدة الهشاشة ومدعمة فقط عن طريق الخلفية القديمة، ولذلك ينبغى إعادة تبطينها بأسلوب البطانة المؤقتة السطحية. وفيما يلى الطرق المستخدمة بنجاح لإزالة الخلفيات الكارتونية القديمة:

أ – قام عبد الحميد عام 1981 بنزع البردى من خلفياته الكارتونية بأسلوب يشبه الأسلوب المستخدم لنزع اللوحات الجدارية كالتالى:

– مرحلة النزع:

تثبيت الأحبار والألوان الحساسة للماء باستخدام بوليمر PVA 2% الذائب فى الأسيتون باستخدام فرشاة صغيرة حيث تمرر على أماكن الكتابة والألوان بعد غمرها بالماء. وتبلل قطعة من الشاش مساحتها أكبر من مساحة البردى من جميع الجوانب، ثم لصقها باستخدام لاصق نشوى أو CMC على سطح ورقة البردى المراد نزعها، ثم تترك ورقة البردى وعليها قطعة الشاش حتى الجفاف تحت ضغط، ثم نزع الشاش ومعه ورقة البردى من الخلفية الكارتونية بالشد الخفيف مع الدقة والحرص واستخدام مشرط غير حاد لتسهيل عملية الفصل وإزالة أى زوائد كارتونية، ويمكن أن يندى الحامل الكارتونى باستخدام محلول كحولى وإعادة القصاصات الصغيرة لأماكنها الصحيحة وتثبت باستخدام CMC، ويمكن استخدام هيدروكسيد الباريوم 2% الذائب فى الكحول لمعادلة الحموضة.

– إعادة اللصق على حامل جديد:

يتم تجهيز خلفية جديدة بحجم مناسب من ورق خالى من الحموضة، وطلائها بلاصق PVA الذائب فى الأسيتون أو خليط من CMC والصمغ العربى، ثم إسقاط البردية المنزوعة على الخلفية الجديدة وتركها حتى الجفاف تحت ضغط لمنع الكرمشة باستخدام مكابس يدوية أو هيدروليك، ثم يتم نزع الشاش من على وجه البردية باستخدام قطنة مبللة بماء دافئ مع تجنب البلل الزائد، وإزالة أى بقايا من اللاصق، ثم تترك البردية والحامل الجديد تحت ضغط حتى تمام الجفاف.

ب– أساليب نزع البردى من الخلفيات الكارتونية فى المتحف البريطانى:

* فى عام 1988م استخدمت تقنية لإزالة الخلفيات الكارتونية بنجاح كالتالى:

- تقوية البردية عند الضرورة باستخدام الفينورى Funori.
- يتم استخدام بطانة سطحية مؤقتة من نسيج لديه قوة ترطيب جيدة مثل ورق يابانى يسمى Spider Tissue ويوضع على وجه البردية على هيئة شرائط متداخلة Overlapping Strips "ويسهل عملية التطابق الإزالة فى مرحلة لاحقة".
- ويتم تطبيق بارالويد بـــ 72 بتركيز 1 : 10%فى الأسيتون باستخدام الفرشاة عبر نسيج البردية، ويتميز الأسيتون بأنه مذيب سريع التبخر، ولذلك فإن النسيج سوف يلصق بسرعة بدون تغلغل كبير من جانب اللاصق فى البردية.
- يتم تليين اللاصق القديم بعد ذلك بوضع البردية بين ورق نشاف مندى تحت زجاج وأثقال لبضعة ساعات، وتقلب البردية بعد ذلك وتزال الخلفية باستخدام الملاقيط Tweezers، وهناك بعض الخلفيات القديمة من الكارتون السميك مما يتطلب بريه ألياً باستخدام أزميل Scalpel حتى يمكن للمياه أن تتغلغل تجاه اللاصق بسرعة أكبر وبعد ذلك يمكن إزالة الخلفية بسهولة أكثر.
- عندما تكون البردية قوية بما يكفى يمكن إزالة اللاصق الزائد بواسطة الغسيل Washing، ويتم فرد البردية بالتناوب على دعامة من الورق النشاف المبلل فى حوض قليل العمق بما يزيل الاتساخات الكثيرة واللاصق القديم، وبعد ذلك يتم تجفيفها بين ورقتى نشاف والكبس تحت لوحين زجاجيين، وإذا كانت البردية هشة أو عند انفصال أجزاء صغيرة من البطانة المؤقتة السطحية، يجب تفادى الغسيل ويتم إعادة تبطين البردية.
- بعد ذلك يتم تثبيت البردية أو إعادة تبطينها وهى لازالت رطبة ومرنة، ويستخدم الورق اليابانى مع عجينة نشا قمح مخفف لعمل بطانة جديدة، وإذا كانت البردية قوية بما يكفى يتم إصلاحها باستخدام الشرائط اللاصقة بين الأجزاء المكسورة أو المنفصلة، وعند تمام الإصلاح أو إعادة التبطين يتم تجفيف البردية بوضع فرخ من Bondina على الظهر والضغط بين ورقتى نشاف.
- إزالة البطانة المؤقتة السطحية بوضع البردية بين ورقتى نشاف مشبع بالأسيتون لإزالة Palaroid B72 وتركها تحت لوح زجاج عليه ثقل لمدة ساعة، بعدها يمكن إزالتها بسهولة بدون أن تترك على وجه البردية أى أثر.
- تكرر العملية السابقة لإزالة أى أثر من Palaroid B72 من على البردية، ولكن هذه المرة باستخدام قطعة جافة من ورق النشاف، وتجذب لأعلى معها أى بقايا للبارالويد الذى يذاب مع الأسيتون.

وقد وجد أن بعض رواسب الراتنج خاصة فى كتاب الموتى التى تنتمى للعصر المتأخر قابلة للذوبان فى المذيبات العضوية وخاصة الأسيتون، ومن ثم هناك احتمال لفقدان الراتنج عند تطبيق تلك التقنية، لذلك فينصح بإجراء اختبار إذابة Solubility Test على جزء صغير قبل تطبيق هذه التقنية.

وقد أظهرت برديات الرامسيوم الملصوقة باستخدام الجيلاتين مع لاصق نترات السيليلوز مشاكل أكثر صعوبة، حيث يصعب إزالة اللاصق، بالإضافة إلى أن المذيب اللازم لنترات السيليلوز هو الأسيتون وهو نفس المذيب بالنسبة للبارالويد ب 72 الذى يستخدم للصق البطانة المؤقتة السطحية، فقد استلزم الأمر استخدام لاصق بديل لورق التغطية السطحية، وقد استخدم الفينورى بنجاح كلاصق لها، ولكن ظلت الصعوبة فى إزالة لاصق نترات السيليلوز القديم، وقد أظهرت الاختبارات التى تمت مؤخراً فى المتحف البريطانى ملائمة تلك التقنية لبعض البرديات المعروضة.

وكانت المخاوف أن يؤدى لاصق البطانة المؤقتة السطحية إلى تغميق الملونات نظراً لارتفاع تركيز البارالويد ب72 (10%) لأن الأسيتون مذيب سريع التبخر، وقد ظهر أن المقويات مع المذيبات سريعة التطاير تؤدى إلى غمقان الألوان أكثر منها مع مذيبات بطيئة التبخر. ولا تلائم تلك التقنية بعض البرديات المعروضة ذات الصبغات السميكة، إذ تواجه الصبغة السميكة خطر الانفصال والتقشر Crumbling عند الضغط عليها من الظهر أثناء إزالة التغطية السطحية.

* إزالة الخلفيات الكارتونية من البرديات الملونة أو المزخرفة فى المتحف البريطانى:

يضم المتحف البريطانى مجموعة برديات تصل إلى حوالى 500 بردية مزخرفة بعد شرائها خلال القرنين 19، 20 وفك العديد منها ووضعه على ورق تبطين وألواح كارتونية حامضية، مما يعرضها للتلف والفقد، وفى كثير من الأحيان تم ترتيب أجزاء البرديات بشكل خاطئ أثناء عملية التبطين، ومن هنا كان من الضرورى التفكير فى إزالة الخلفيات غير المناسبة لمنع حدوث أى خسارة إضافية وأيضاً حتى يمكن القيام بإعادة الترتيب والإصلاح، وتم إتمام عمليات إزالة التبطين بالفعل فى البرديات غير المزخرفة كما سبق توضيح ذلك فى الطرق السابقة، إلا أنه من أكثر المشاكل التى يمكن مقابلتها مع البرديات الملونة أن الأصباغ قد تكون رديئة أو ضعيفة بمرور الزمن، وتكون عرضة للتفكك والتشقق، وتكون الأصباغ سميكة جداً أحياناً، ويمكن ملاحظة هذا خاصة فى تيجان الآلهة الزرقاء، حيث

تـــتعرض الأصـــباغ للتلف عند استخدام المواد المقوية واللاصقة، وعادة ما تحتاج هـــذه الأصباغ إلى تقويتها قبل إزالة الخلفية القديمة، وفى بعض الأحيان يكون من الضـــرورى تقوية الصبغة الموجودة على البردية بصرف النظر عن إزالة البطانة لمنع أى فقد أثناء معالجتها.

ولمعالجـــة هـــذا تـــم عمل تقادم زمنى على العديد من المواد المقوية التى يمكن اســـتخدامها لتقوية الألوان مثل: Paraloid B-72، وغراء السمك 98%، والهيدروكسى بروبيل سيليلوز Klucel G، وصمغ حيوانى، وصمغ عربى.

وأيضـــاً تـــم عمل تقادم زمنى على المواد اللاصقة التى يمكن استخدامها فى لصـــق الخلفية مع البردية على بعض المواد مثل: Paraloid B-72، Paraloid F-10، Mowital B3OH، Klucel G.

فكانت النتائج كالتالى:

- بالنسبة للمواد المقوية وجد أن غراء السمك أكثرهم فاعلية، حيث أنه لا يسبب أى تغير لون الأصباغ، ولا يفسد لونه بالتقادم الزمنى.
- بالنسبة للمواد اللاصقة وجد أن Paraloid B-72 الذائب فى التولوين أكثر فاعلية لو تم استخدامه مع مادة مقوية مناسبة، وأنه قد يكون من المفيد تقوية الأصباغ مرة ثانية بعد إزالة البطانة بالكامل.

وتم إزالة الخلفية الكارتونية لبردية ملونة عبارة عن كتاب موتى مزخرف من العصـــر المتأخر (القرنين الثالث والرابع قبل الميلادى)، وكان الطول الكلى للبردية أعلـــى قليلاً من 360 سم، البردية مدعمة من الخلف بلوح كارتونى غير مرن وذو نوعـــية رديـــئة فتم تقطيعها إلى سبعة أفرخ منفصلة وعرضها فى ملفات، ويمكن توضـــيح الطـــريقة الـــتى تـــزال بها البطانة غير المناسبة من البرديات المزخرفة كالتالى:

1- ترطيب البردية باستخدام Gore-Tex.
2- تقوية المساحات الملونة عن طريق رشها بغراء السمك 2% فى الماء، واستخدام ورق سليكونى فاصل لتغطية المساحات غير الملونة.
3- تقوية خلفية البردية غير الملونة عن طريق رشها بالفينورى Funori 5% فى الماء.
4- الضغط بفرخ من ورق سيلكون فاصل على الوجه وتركه لمدة 24 ساعة تحت ثقل أو فى مكبس.

5- تثبيت نسيج البطانة المؤقتة السطحية على الوجه Paraloid B-72 10% فى أسيتون باستخدام الفرشاة مع السماح بتراكب صغير بين شرائح النسيج حتى يسمح للمذيب بالتبخر.

6- تطرية مادة البطانة القديمة عن طريق ضغط البردية على ورق نشاف رطب لعدة ساعات قبل الإزالة بالملاقيط، ولو كان ضرورياً يمكن إعادة تبطين الخلفية بنسيج ذو مادة أرشيفية باستخدام عجينة نشا القمح.

7- إزالة نسيج البطانة المؤقتة السطحية عن طريق ضغطه بين ورق نشاف ثم غمره فى أسيتون.

8- إزالة أى مواد لاصقة باقية للبطانة المؤقتة السطحية باستخدام ورق نشاف مغمور فى الأسيتون، ومن المفيد إضافة ورق نشاف جاف لامتصاص البقايا الأخيرة للمادة اللاصقة من السطح ثم يتم عرض البردية.

ج- الأسلوب اليابانى فى إزالة الخلفيات الكارتونية من البرديات:

وسمى بالأسلوب اليابانى لاعتماده على نوع معين من الورق اليابانى وتبنى هذا الأسلوب Meni لإزالة الخلفيات الكرتونية ذات النوعية الرديئة، وتثبيت البرديات الهشة، وقديماً كما سبق القول كان يتم لصق البردية على كرتون متنوع السمك حتى يسهل دراستها أو اختبارها قديماً، والطرق السابقة لا تخلو من الاحتكاك الميكانيكى للبردية بجانب مادة الكارتون الرديئة، كما أنها غير ملائمة لبناء البردية المتعامد، حيث أن الطبقة السفلى من البردية ملتصقة باللوح الكارتونى، فهى بذلك عرضة للتشقق والانهيار، وفى بعض الأحيان توجد فجوات فى الطبقة العليا حيث النص المكتوب، بينما الطبقة السفلى سليمة وملتصقة بسطح الكارتون.

ولإزالة الكارتون يجب التطرية بالماء حتى تسهل عملية التقشر وإزالة الصمغ المستخدم للبطانة مع الوضع فى الاعتبار الأحبار الكربونية عند البلل، ويراعى أن يكون اللاصق البديل المستخدم صالحًا لأغراض الصيانة والحفظ وأيضاً مادة البطانة المؤقتة السطحية يجب أن تكون مرنة بدرجة كافية حتى تتجانس مع تمدد وانكماش البردية. وتم استخدام ورق Gampi 19جم/م2 فى البطانة المؤقتة السطحية لأنه يتميز بسطح ناعم جداً لا يمكنه الالتصاق التام بذرات الحبر الكربونى، ولتجنب عملية التمدد بسبب الرطوبة النسبية يتم تقطيع أجزاء مثلثة صغيرة بحيث تكون أعلى حافة موازية لاتجاه ألياف البردية، وعند تغطية سطح البردية يتم تركيب الحواف ببعضها، وبذلك تكون قادرة على التكيف مع تمدد

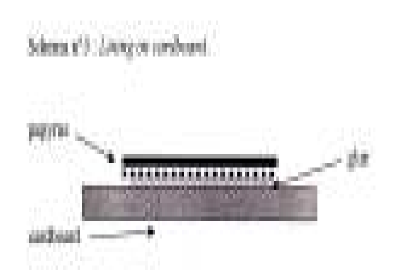
البردية فى جميع الاتجاهات، واعتمد الأسلوب على مادة الفينورى Funori 0.5% كلاصق، ويتميز بأن قوته فى اللصق ليست كبيرة، ولكنها كافية للحفاظ على ورق Gampi، كما أنها لا تلتصق بسطح الحبر بشدة.

وأظهرت هذه المادة خصائص جيدة بعد إجراء التقادم الزمنى عليها، وتوضع مـــادة الفيـــنورى على الجانب الناعم لورقة Gampi باستخدام فرشاة ناعمة، بحيث يكـــون الجانب الناعم من الورق اليابانى ملامساً للجانب الجاف من البردية، ونضع الـــورق بحـــرص بفرشاة وتركها تجف بصورة طبيعية، والقطع التالية من الورق الـــيابانى يـــتم وضعها بحيث تكون متراكبة مع حافة الورقة الأولى بشكل خفيف.. وهكذا.

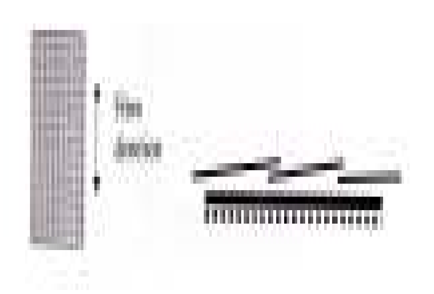
وبعد تغطية السطح بأكمله يمكن التقشير للبطانة القديمة، ويتم ترطيب السطح الكـــارتونى تدريجياً، ويبدأ تقشيره باستخدام ملقاط حتى الوصول لطبقة رقيقة جداً مـــن الـــورق، ويلاحـــظ أنـــه كلما كانت الطبقة الأخيرة سميكة فإن الارتباط بين الكـــرتون والصـــمغ والبردية يكون عالياً جداً، بعد ذلك يتم تنظيف وتجفيف الظهر بأكملـــه ثـــم نـــبدأ بإزالة البطانة المؤقتة السطحية بعد بلل قطعة واحدة من الورق باســـتخدام فرشـــاة ناعمة وماء، وفى هذه الحالة يمكن إزالة الورقة باستخدام ملقاط وتـــترك حتى تجف، وعلى الرغم من أنه لم يحدث أى فقد للحبر إلا أن لون الورق الـــذى تـــم إزالته إزالته يتحول إلى اللون البنى نتيجة امتصاص اتساخات أو نواتج تحلـــل البردية، يستمر العمل بالتعاقب وإزالة قطع أخرى من ورق البطانة المؤقتة الســـطحية ثم تدعيم أو تثبيت الظهر، وبعد ذلك يتم وضع البردية بين ورق نشاف لتسويتها بعد ترطيب خفيف باستخدام Gore-Tex.

وبـــنفس الأسلوب اليابانى تم تبطين بعض القطع الهشة والتى لا يمكن تثبيتها بمثبـــتات موضـــعية فقط وتحتاج إلى بطانة جديدة كاملة، ويجب أن تكون البطانة مـــرنة متجانسة مع تمدد وانكماش البردية بصورة طبيعية حتى يتم تجنب أى تشقق فـــى الـــبردية وأن تكـــون المـــادة مـــتوافقة مع قواعد الحفظ والصيانة من حيث الاســـترجاعية والصـــفات الأخـــرى، ولهـــذا الغرض فقد تم استخدام ورق Kozo (18 أو 29جم2) ويعتمد هذا على سمك البردية، وهذه الأوراق مرنة بصورة كافية وســـطحها لـــيس ناعماً تماماً، علاوة على ذلك فإن أنسجة Kozo تتعلق بالأنسجة السطحية للبردية وبذلك يمكن تجنب استخدام عجينة نشا القمح السميكة، وسوف يتم اســـتخدام العجينة بشكل مخفف جداً لزيادة المرونة والتى يعتقد أنها تتناسب بطبيعة

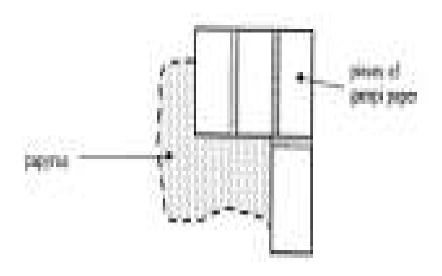
الحـــال مع البردى، حيث أن النشا من مكونات نبات البردى، أما المشكلة الأخرى وهـــى إزالة ورق البطانة المؤقتة السطحية من على وجه البردية ويجب عمل هذا تدريجـــياً لتجنـــب فقد أى أجزاء، وحتى يمكن إعادة وضعها فى مكانها الصحيح، ويـــتم ذلـــك بإزالة قطعة واحدة منها ثم وضع فرخ من Mylar على الوجه، ونقلب الـــبردية ونضعها على منضدة ويتم إعادة ترتيب الألياف، ثم إعداد قطعة من ورق Kozo أصغر قليلاً من المساحة الخالية وترك فراغ كافي لإعادة ترتيب المساحات الأخـــرى للوثيقة بشكل صحيح، ووضع عجينة النشا المخففة على الجانب الرطب للـــبردية، ولصق البطانة على البردية لأنه لا يمكن وضع النشا على البردية نفسها لهشاشـــتها، وتترك حوالى 2سم من الورق كحدود حول حواف البردية، وبعد ذلك يمكن قلب الوثيقة مرة ثانية وإزالة فرخ Mylar والتأكد من أن الأجزاء فى وضعها الصحيح. بعد ذلك يتم ذبذبة الصف الثانى من قطع ورق البطانة Kozo إلى أن يتم إزالـــة ورق الـــبطانة المؤقتة السطحية بنفس الطريقة السابقة، بعد الانتهاء من ذلك نجـــد أن البردية ليست مستوية ولذلك نضع شرائح من الورق اليابانى حول البطانة مـــع ترتيب الوثيقة بين فرخى Gore-Tex وتركها حتى تجف، وتكرر العملية حتى الحصـــول علـــى أفضـــل النتائج، ثم التجفيف بين ورق نشاف وتوضع تحت أثقال للحصـــول علـــى تـــرابط جيد لطبقات وأنسجة البردية، وبذلك تكون البطانة مرنة بصورة كافية ومتجانسة جيداً مع البردية.



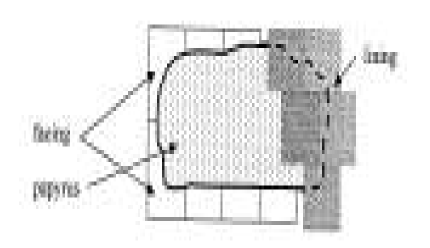
صورة (103) البردى مثبت
على الخلفية الكرتونية وبينهما لاصق



صورة (104) قطع ورق Gampi
واتجاه الرص فوق البردية



صورة (105) أسلوب رص أوراق Gampi لعمل البطانة السطحية المؤقتة فوق البردى



صورة (106) أسلوب وضع البطانة الجديدة (Lining) من ورق Kozo

6-3 التقوية:

أ - تقوية الأحبار والأصباغ:

يــتم اختبار ثبات الحبر وتثبيته عند الضرورى، والمحاليل المستخدمة لاختبار ثبات الأحبار والأصباغ على سطح البردية هى ما ينوى المرمم استخدامها، ويمكن إجــراء اختبار حساسية الحبر باستخدام إيثيل نقى أو كحول إيثيلى أو ماء متعادل، والمحالــيل الكحولية فوق 60% تضمن عدم ذوبان الأحبار السوداء وخاصة التى استخدم معها وسيط الصمغ العربى.

إذا كــان الحبر غير ثابت فيمكن وضع ميثيل السيليلوز (المخفف) ليمر أسفل الحــبر بواســطة فرشاة وبريه دقيقة (No.00) ويثبت الحبر بحرص، ويمكن أيضاً اســتخدام طــبقة شــديدة الرقة من عجينة دقيق النشا، ولتثبيت الأحبار والأصباغ الضعيفة يمكن استخدام المحاليل التالية:

- محلــول غــراء السمك (الحفش وهو سمك كبير يستخرج منه الكافيار) فى الماء أو فى محلول هيدروكلوريدى.
- محلول فينورى Funori فى الماء (مادة جيلاتينية مستخلص من ثلاثة أعشاب بحرية، واستخدم لقرون طويلة فى اليابان كلاصق كما يحتوى على الجالاكتوز الموجود بدوره فى السائل الخلوى للبردى).
- محلول السيليلوز الكحولى ذو تركيز عالى فى ماء أو فى مزيج من كلوريد الميثيل والكحول الإيثيلى. وتستخدم مثل هذه المحاليل بفرشاة أو بالرش فى صورة رذاذ.

وبصفة عامة يمكن اعتبار الأصباغ والألوان فى البرديات فى حالة جيدة، وما يحتاج منها عادة للتقوية هى الألوان السميكة والتى تكون أكثر خشونة من غيرها "عادة الأزرق والأخضر" وعندما يصاب الوسيط اللونى Binder بالتلف تصبح الأجزاء الهشة من الألوان معرضة للانفصال والسقوط وخاصة عند تعرض البردية لحركة أكثر من العادى مثل سفرها على سبيل الإعارة لمعاهدة أخرى.

وقد أظهرت اختبارات المتحف البريطانى أن غراء السمك Isinglass و" Paraloid P72 المذاب فى Diethyl benzene" يمكن استخدامها كمقويات.

وتنتج مثانات كثير من الأسماك المدارية غراء السمك "كولاجين نقى 98%"، أما الغراء المستخرج من سمك الحفش Sturgeon غير متاحاً الآن وهو أكثر نقاءً من الغراء الحيوانى ويتميز بعدم ترك لمعان على سطح الملونات، ويمكن للصمغ العربى والغراء الحيوانى أن تتسبب فى إضفاء مظهر لامع على الملونات حتى عند استخدامها بتركيز منخفض، على حين لا يتسبب غراء السمك فى تشويه أو تغيير مظهر الألوان.

كما يتميز غراء السمك بلزوجة قوية حتى عند استخدامه بتركيز منخفض، وأفضل تركيز له 2% فى الماء. ويمكن الترطيب للبردية قبل رش غراء السمك حتى يخترق اللاصق نحو الملونات إلا أن غراء السمك غير مناسب لتقوية البردية نفسها لأنه يتسبب فى إضفاء لمعة خفيفة على سطح البردية. وعند تقوية الألوان يجب تغطية بقية البردية حتى يمكن رش غراء السمك على الألوان فقط، كذلك بالنسبة للبارالويد Paraloid B72 in Xylene or Dimethyl Benzene بتركيز 2 % يمكن رشه على الملونات داخل صندوق Flune Cupboard، وعلى الرغم من أن البارالويد ليست له نفس القوة اللاصقة التى يتمتع بها غراء السمك إلا أنه يمكن تطبيق هذا اللاصق على مرات عديدة. وتلك المذيبات المستخدمة تتبخر ببطء بما يسمح بتغلغلها نحو السطح آخذة معها اللاصق Adhesive إلى طبقة الألوان بكفاءة أكبر من المذيب الذى يتطاير بسرعة، فضلاً عن تأثيرها الجيد على لون الأصباغ.

ب- تقوية البردى Consolidation of Papyrus

تحتوى بعض البرديات على ألياف بارزة لأعلى أو أجزاء تحولت لطبقات منفصلة حيث فقدت الألياف الرأسية والأفقية ترابطها، ويظهر سطح البردية منفصلاً عن باقى البردية "ظاهرة التطبل" Bubbling up على حين تبدو برديات أخرى هشة وسهلة التفتت.

طرق التقوية:

- استخدام محلول السيليلوز: وقد استخدم فى فيينا مع الماء بنسبة 1: 3 حيث يتم رش المحلول على البردية لتقوية السلاسل الطويلة لجزئيات السيليلوز.
- استخدام محلول من الصمغ العربى: يمكن تقوية أوراق البردى باستخدام محلول من الصمغ العربى ويوضع أسفله ورق ترشيح حتى لا يلتصق بها حيث يشبه تركيب الصمغ العربى عصارة نبات البردى، كما أنه يثبت الحبر على أوراق البردى.
- واقترح Abdel El Hamid التركيبات الآتية لتركيبات البردى: (محول صمغ عربى+ جلسرين + قطرات من الثيمول)، (محلول كربوكسي ميثيل سيليلوز + الصمغ العربى)، (محلول البيداكريل أو محلول النايلون السائل).
- الترطيب باستخدام Gore-Tex يتبعه الضغط مباشرة، ويمكن لكميات بسيطة من الرطوبة أن تؤدى لانتفاخ المادة النباتية وتنشيط الأصماغ الطبيعية الموجودة فى البردى ويساعد هذا على إعادة لصق الأجزاء المنفصلة والمفككة بالضغط عليها. ويمكن معالجة البرديات الملونة بهذه الطريقة على أن تكون كمية الرطوبة أقل، على الرغم من أن الصبغات القابلة للتفتت تستلزم تدعيم أكثر، وعند الضغط يمكن قطع أجزاء من الورق النشاف لتجنب ضغط تلك المناطق الملونة.
- رش محلول مائى من الفينورى Funori 0.5%.

ويستخدم الفينورى كمادة تقوية فى المتحف البريطانى فى حالة البرديات شديدة التلف، ورغم ذلك يمكن أن تتحمل المعالجات المائية، ولا يخلط الفينورى جيداً مع المذيبات العضوية، ويمكن تطبيقه على البردية من خلال رشه بالتساوى على السطح باستخدام رشاش هوائى، وذلك قبل ترطيب البردية مما يساعد على تغلغل الفينورى، ثم توضع البردية بين ورق سيلكون غير لاصق على الوجه والظهر ويوضع ورق نشاف، ثم يتم كبسه تحت الزجاج وأثقال يدوية لمدة 24 ساعة على الأقل حتى تجف تماماً.

وأحياناً توجد برديات تعرضت لمستويات عالية من الضوء بسبب عرضها لسنوات طويلة فتتعرض لظاهرة التفتيح (التبييض) Bleached والتلف ولكنها تبدو أقوى مما هى عليه بالفعل، وملاحظة الحواف المتآكلة والضعيفة يشير إلى هشاشة البردية ومن ثم يجب الحرص عند فتح التراكيب. ويمكن فى هذه الحالة التقوية بواسطة الفينورى على أن يتبع مباشرة بالكبس بين ورق السيلكون.

ويجب إجراء الاختبار أولاً على جزء صغير من البردية للتأكد من قابليتها لتحمل المعالجة، ويراعى أن يرش المحلول من ارتفاع لا يقل عن ثلاثة أقدام حتى يسقط على البردية ببطء لتجنب الإضرار بالأجزاء الهشة والضعيفة باستخدام الرشاش الهوائى.

والطرق السابقة لا يمكن تطبيقها على البرديات شديدة التلف والبرديات شديدة الغمقان والمتآكلة أو مع البرديات التى ليس لها خلفية؛ لأن الطرق السابقة يستخدم فيها نسبة من الرطوبة يمكن أن تحول البردية إلى عجينة (لب)، ومثل هذه البرديات يفضل حفظها فقط، وكثيراً من برديات الرامسيوم بالمتحف البريطانى بهذه الحالة، وبالنسبة للبرديات المستخرجة من الحفائر والتى تتلف بسرعة يفضل هنا التغليف والتخزين الآمن.

3-7 طرق العرض والتخزين:

الهدف من تثبيت البردى هو تصويره وحفظه وعرضه، وقد جرت العادة فى بداية القرن التاسع عشر على لصق البردى على خلفيات كارتونية، وبعد ذلك يتم وضعه داخل برواز خشبى مع واجهة الزجاج، ومثال ذلك مجموعة برديات هواره والتى اكتشفها بترى عامى 1888، 1898م.

إلا أن هذه المواد تسبب مشاكل كبيرة فى الوقت الحاضر بسبب عدم الاسترجاعية، كما أنها تؤدى إلى الإصابة بالحموضة الناتجة من تحلل الخلفيات الكارتونية، وفى عام 1930م قام إبشر بتثبيت كراسات من البردى ووضع بين صفحاتها قطعاً من شيفون الحرير ولكن الحرير نفسه يختلف فى معامل التمدد والانكماش عن البردى مما أدى لانفصاله. كما أجريت تجارب بالمتحف البريطانى حيث تم تغليف البردى بين شرائح من النايلون ولكنها أعطت نتائج غير مقبولة لأن التباين بين الحبر والبردى تضاءل. أما فى الآونة الأخيرة فقد ساد استخدام الزجاج كمادة تثبيت للبردى، وفيما يلى طرق العرض والتخزين المستخدمة للبردى:

أولاً: طرق تثبيت وعرض البردى:

أ – تثبيت البردية بين لوحين زجاجيين:

تطور الحفظ بين لوحين زجاجيين:

- وقد تطور الحفظ داخل لوحين زجاجيين، حيث كان يحفظ البردى مع غلق الحواف الزجاجية تماماً بشريط لاصق أو سلوتيب، ونتج عن ذلك ظاهرة تعرف بالأكسدة والتى تظهر فى صورة احتراق على أحرف البردى، كما

التصقت البرديات تماماً بسطح الزجاج مما يؤدى لتلف الأحبار، كما أن إحكام غلق شريحتى الزجاج يحول دون تعامل البردية مع الظروف المحيطة بالتمدد والانكماش.

- ثم تطور حفظ البردى بين لوحين زجاجيين من النوع الشفاف مع غلق الحواف على الأركان باستخدام شريط لاصق، وترك هذه المساحة يسمح للبردى بالتنفس والتعامل مع الجو المحيط.
- وفى عام 1981م اقترح فاكلمان تثبيت البردى المكتوب من وجه واحد على ورق نشاف أبيض خالى من الحموضة، وبالنسبة للبرديات المكتوبة من الوجهين اقترح تصوير الخلفية المكتوبة قبل التثبيت، وتعرض صورة الخلفية بجانب البردية المعروضة.

الطريقة المستخدمة لحفظ البردى بين لوحين زجاجيين:

يجب وضع القطع بين طبقتين من الزجاج إذا كانت القطع هشة أو كبيرة الحجم، أو يتم استخدامهم بشكل مستمر على يد الباحثين والطلاب، وكذلك إذا كانت سيتم عرضها لابد من التأكد من أن القطعة جافة وأن كل شيء فى مكانه الصحيح ثم وضعها على الزجاج. وإذا كان زجاج التثبيت يتم تخزينه عمودياً فيجب الحرص على تأمين القطعة على الزجاج باستخدام شرائح الجلاسيين اللاصقة على مناطق منفصلة. وشرائح الجلاسيين مغلفة بالصمغ العربى. تبلل فرشاة صغيرة بالماء، وتلتقط بواسطة طرف الفرشاة المبلل شريحة من طبق زجاجى صغير (مملوء بشرائح بسمك 1 مم وذات أطوال مختلفة)، تبلل الشريحة وتوضع على القطعة والزجاج مع الضغط عليها لأسفل برفق بطرف الأصابع والتأكد من أنه قد التصق. ولتثبيت البرديات يمكن أيضاً استخدام ورق يابانى مثل "كيزوكيش Kizukishi" أو "توكوجاوا Tokugawa" وكذلك عجين الدقيق بالنشا الشديد الجفاف، تقطع شرائح بسمك امم وتوضع على طرف الأصابع، وتبلل عجينة الدقيق بالنشا بفرشاة ثم تتركه ليجف على الأصابع لعدة ثوان، ثم وضع الشرائح على مناطق منفصلة، ووضع رقم الجرد داخل الغلاف الزجاجي فى المركز من أسفل، وتغطى القطعة بطبقة الزجاج العليا وتغلق الحواف بالـ"فيلمو بلاست" (نوع من اللاصق) الذى يعطى الفرصة لتبادل بطئ جداً للهواء. إذا كانت القطعة هشة جداً ولا نستطيع تثبيتها فى الزجاج فيتم وضعها على ورق يابانى، بحيث يكون الجانب المجعد لأعلى، وذلك لأن النسيج الرقيق يثبت القطعة فى مكانها. ويتم لمس الورق اليابانى بظهر اليد لتمييز الجانب الأملس من الجانب الخشن.

بعد الترميم للبردية توضع البردية بين لوحين من الزجاج، ويتم تثبيت حواف اللوحين الزجاجيين – بصرف النظر عن الأركان الأربعة – معاً بشريط لاصق من مادة متعادلة الحامضية ومقاومة للتقادم الزمنى، وتفيد هذه العملية فى حدوث دورة الهواء بين ألواح الزجاج لمنع حدوث التكثف Condensation، ويمكن عرض البرديات غير المكتوبة من الخلف بدون استعمال لاصق على ورقة خالية من الحموضة والتى تحتوى على احتياطى قلوى أعلى من 4% من كربونات الكالسيوم.

وغالباً ما يتم وضع مجموعة البرديات فى زجاج فى ثلاثة أحجام معيارية: 8 × 10 بوصة، 10 × 12 بوصة، 14 × 17 بوصة. والزجاج هو زجاج نافذة، سمك 23/3 بوصة خالى من الفقاقيع والصدوع مع حواف رقيقة (ويتم تنعيم الأطراف بشكل يجعل التعامل معها أكثر أمناً)، وهنا يطرح سؤال.. هل الزجاج العادى يمكن استخدامه بأمان لتخزين البردية أم إنه من المطلوب استخدام زجاج من نوعية خاصة؟ لقد تم وضع العديد من البرديات فى زجاج عادى بواسطة التجار فى العشرينات والثلاثينات، ولم يلاحظ أى تلف فى البرديات ناتج من الزجاج. ويجب حفظ البرديات بشكل رأسى، حتى لا تتكسر تحت الثُقل، ويمكن استخدام الزجاج المضاد للكسر، إلا أن تكلفته العالية عند حفظ المجموعات الكبيرة تشكل مانع، واحتمال حدوث تلف عند استخدام الزجاج العادى يعتبر احتمال قليل لا يبرر التكلفة الإضافية لاستخدام الزجاج المضاد للكسر.

وتثبت البرديات حالياً بين لوحين من الزجاج والتى تعطى حماية جيدة، وفى نفس الوقت تسمح برؤية سهلة للبردية، ومراعاة وضع الإطار أفقياً فى الأرفف المفردة وإذا لم يتوفر ذلك يمكن وضع البرديات بعضها فوق بعض ومراعاة فصلها باستخدام طبقة من Plastazote أو Bubble-Warp وألا يزيد عدد الأفرخ عن 4 برديات فقط.

ويمكن أيضاً استخدام دواليب رأسية إلا أن هذا الترتيب الذى يسمح بسهولة العثور على البردية واستردادها يجب عدم استخدامه مع البرديات شديدة الهشاشة.

حفظ البرديات المحتوية على أختام غلق من الطين بين لوحين زجاجيين:

يوجد في بعض المجموعات برديات عليها أختام غلق من الطين، وبعضها لم تُمس ومتصلة بالبردية، وفى بعض الأحيان تكون البردية مازالت ملفوفة وعليها ختم الغلق، ويعمل كل من المرممين وعلماء البرديات معاً ليقرروا إذا ما كان ضرورياً فرد أحد القطع المغلقة بالأختام للكشف عن النص المطوى أم لا.

ويــتم صنع مثبت خاص من الزجاج للقطع المسطحة ذات أختام الغلق المثبت بها. يتم وضع البردية بين ثلاث طبقات من الزجاج، وتكون الطبقة الوسطى بنفس سُـمك الخـتم، وبها جزء مقطوع بنفس الحجم والشكل الذى يلائم الختم، ويتم غلق حـواف التغليف الزجاجى (المكون من ثلاث طبقات) للقيام بعمل القطع فى الزجاج لـيلائم الخـتم، ثم عمل قالب يماثل حدود البردية بنفس موقع الختم، ووضع ورقة شـفاف على البردية وباستخدام قلم رصاص نقوم بشف حجم القطعة ومكان الختم بدقـة. مـع الحرص على ألا نضغط بشدة على القلم الرصاص لئلا تؤذى القطعة. (عـند صـنع القالـب يسـتخدم ورق شفاف بدلاً من الميلار لتجنب احتمال تولد الكهـرباء الاستاتيكية بسببه). ثم القيام بقياس ارتفاع وقطر الختم باستخدام فرجار التقسـيم وإضـافة 2 مـم حول الختم و3 مم للارتفاع للتأكد من ألا يلامس الختم الـزجاج، وأخـذ القياسـات والرسم إلى متخصص فى قطع الزجاج وصقل مكان القطع ليصبح أملس.

بعـض الـبرديات تكـون أخـتامها منفصلة عنها بالفعل، ويمكن لهذه أن يتم وضـعها فـى مثبت من ثلاث طبقات من الزجاج، وذلك لحفظ الختم مع البردية، وتخزيـن الـبرديات ذات أختام الغلق بشكل مسطح وليس عمودياً، ويمكن لأختام الغلق الغير متصلة بأى بردية أن توضع فى خزانة متحف.

ب- البليكسى جلاس (البلاستيك الشفاف):

البليسـكى جلاس (رقائق الأكريليك) تبدو مادة جذابة وبخاصة لحفظ البرديات ذات الحجـم الأكـبر من المعتاد، حيث أنه أخف وزناً ومقاوم للكسر، وعلى الرغم مـن ذلك فإن للبليكسى جلاس مشاكل عدة عند استخدامه كمادة حفظ للبردى، فهو عُرضـة للخـدوش، وبمرور الوقت ومع كثرة التعامل مع القطعة تجعل الخدوش رؤيـة القطعـة مشـوش، ممـا يحتاج إلى إعادة تثبيت لها، والطبقات الكبيرة من البليكسـى جلاس تنثنى مما يضغط على البردية، ويتغير لون البليكسى جلاس إلى الأصفر مع الوقت، ولكن أشد مخاطر استخدامه هو الكهرباء الاستاتيكية التى تتولد بيـن الطبقتيـن، فـإذا ما حدث وكانت هناك حاجة لإخراج البردية، فإن الكهرباء الاسـتاتيكية يمكن أن تزيل الحبر السهل التفتت ويمكن كذلك أن يغلق طبقتى نسيج البردى ويدمره.

حفظ بردية أكبر من المعتاد: (أكبر من 330 سم × 610سم)

مـن المعـروف أن أطـول بردية معروفة هى بردية هاريس طولها 41متر والمحفوظة فى المتحف البريطانى، ويمكن وضع البرديات – الأكبر من المعتاد –

بيـــن طبقات الزجاج باختيار زجاج ذو سمك 8/1 بوصة لأنه أقوى ويناسب حجم البردية الكبيرة ويمكن تكثيف دعم القطع الأكبر بإطار من الألومنيوم يناسب حجمها مقاس القطعة، ويتم تثبيت جوانب الإطار الأربعة ببعضهم البعض بواسطة مثبتات لولبـــية (مســـامير قلاوظ) من الأركان مع وضع مشابك فى الظهر لإحكام التغليف الزجاجى، وإذا لم يكن هناك كتابة على ظهر القطع فيمكن دعم البردية بتركيبة من لـــوح دعـــم مـــن أقراص الألومنيوم، بالإضافة إلى لوح أرشيفى متموج من طبقة واحدة بجانب البردية، ويستخدم الزجاج على واجهة التغليف فقط.

البطاقة الشارحة:

من الضرورى كتابة البطاقات الشارحة ووضعها بجانب البردية بحبر كربونى علـــى كـــروت بيضاء خالية من الحموضة، ويمكن أن نستخدم الحروف المطبوعة الجاهـــزة أو الآلـــة الكاتبة لهذا الغرض، ويمكن كتابة أرقام كتالوج المتحف أو أى بـــيانات أخـــرى عـــن البردى بواسطة قلم ألماظ، وتتم الكتابة على الطرف الأيسر السفلى من واجهة الزجاج الأمامى للبرواز.

وعند التثبيت بين لوحين زجاجيين يجب مراعاة الآتى:

- أن يكون اللوحان الزجاجيان بحجم وقطر أكبر من البردية المحفوظة ومغلف تماماً بورق مرن لامتصاص الرطوبة أو الحد منها مع ترك الأركان مفتوحة للحفاظ على دورة الهواء داخل البرواز ومنع ظاهرة الأكسدة.
- تجنب احتكاك الزجاج بقطع البردى مباشرة ومراعاة أن قطع البردى تختلف فى سمكها حتى فى البردية الواحدة، مع الوضع فى الحسبان احتمال إيجاد قطع لنفس البردية المجمعة بين اللوحين الزجاجيين.
- لا يفضل استخدام زجاج الإلكريلك بسبب شفافيته العالية بجانب إمكانية خدشه بسهولة.
- أحجام البردى الصغيرة والتى تتراوح أطوالها من 35–60سم يتم حفظها رأسياً، أما البرديات ذات الأحجام الكبيرة فتحفظ أفقياً، أما القصاصات الصغيرة فيمكن حفظها داخل دواليب.

ج– عرض البردى داخل فتارين عرض:

مـــن أهم وظائف فتارين العرض للبرديات صيانتها من الأتربة والملوثات الجوية والـــتحكم فـــى الـــرطوبة النســـبية وحمايتها من الأشعة الضارة. ويراعى عند عرض الـــبردى داخل الفتارين أن تكون الفتارين فى وضع منخفض بدرجة كافية تساعد على رؤيـــة الـــبردية فى وضوح، وتكون بين البرديات وبعضها مسافات لا يحدث التصاق

بينهم، وتوضع البرديات الهامة فى منتصف الفترينة، وتوضع فى مستوى أفقى مع ميل طفيف داخل خزانات العرض حتى يسهل رؤيتها وبطريقة لا تحدث انعكاسات ضوئية تعوق الرؤية للبرديات خاصة فى حالة وجود نوافذ أو إضاءة علوية.

ثانياً: تخزين البردى:

عادة لا تجد البرديات فى أماكن التخزين نفس الاهتمام والعناية كما هو الحال فى أماكن عرضها، وفيما يلى وسائل حفظ البرديات التى يمكن استخدامها:

أ – حفظ البردى داخل كبسولة ميلار Mylar (Polyester Film):

ويتميز بأنه خفيف الوزن ولا يمكن أن ينكسر مثل الزجاج، ولكنه يشبه البلكسى جلاس فى أنه يُولد الكهرباء الاستاتيكية التى تؤثر على الأحبار وألياف البردى.

ب– التخزين في ملفات:

يمكن تخزين القطع التى لا تستعمل دائماً والتى تتميز بأنها متماسكة بشكل قوى فى ملفات، ويمكن وضعها بين الزجاج فيما بعد إذا استدعت الضرورة، ويتم صناعة الملفات من مواد مصقولة وخالية من اللجنين، ويتم تبطين الملفات من جانب بورق النشاف المصقول، ويتم تثبيته بخليط من (أسيتات البولى فينيل– ميثيل السيليلوز بنسبة 50:50) ويولد سطح ورق النشاف احتكاك بسيط لمنع البردى من الانزلاق بسهولة عند التعامل مع الملف.

ج– الأرفف:

ويجب ألا تكون عالية أو عميقة، وتكون فى وضع مستوي، وتجنب أن تكون ملساء وقد يتم تغطية الأرفف برقائق من البولى إيثلين لتجنب الأتربة.

د– الأدراج:

وهى من أفضل وسائل حفظ البرديات ذات الحجم الكبير، مع وضع مواد منظمة للرطوبة، كما أنها توفر الحماية ضد الأتربة والأشعة الضارة.

ثالثاً: نماذج لبعض الأساليب المتبعة لحفظ وتخزين البردى فى بعض المتاحف العالمية:

وكنماذج لأساليب الترميم التى يتم استخدامها داخل المتاحف والمجموعات الخاصة تم تناول تجربة المتحف البريطانى فى ترميم البرديات وطرق حفظها وعرضها داخل المتاحف، ويمكن الإشارة إليها كالتالى:

وفى متحف بروكلين عند إعادة التخزين Rehousing لعدد أربعة عشر بردية تم وضع البردية فى لوحة تطعيم Inlay Regboard أو نافذة بنفس محيط البردية

وتقترب قليلاً من حواف البردية وتثبت البردية على النافذة فى بعض المواضع أو النقاط من خلال شرائط صغيرة ذات لون ملائم من النسيج اليابانى Japanese Tissue وعجينة من نشا القمح Wheat Starch ثم تثبيت النافذة والبردية على لوح آخر من أربع طيات ويتم وضع المجموعة كلها (على شكل ساندوتش) بين قطعتين من البلاكسى جلاس (Plexi Glass) وبالتالى تكون القمة مرشحة للأشعة فوق البنفسجية، وبعد ذلك يتم ختم المجموعة بشريط من البولى إيثلين Polyethylene Tap ثم توضع داخل صندوق من البلاكسى جلاس ذو تصميم خاص، وسوف تؤدى النافذة ذات الطيات على خلق مساحة خالية بين الزجاج والبردية، كما أن اللوحة Regboard تعمل على امتصاص أى تسرب للغازات وتحافظ على البردية مهما تقدم بها العمر. وستسمح هذه الطريقة بطريقة عرض سهلة وتعامل أفضل كما أنه يمكن استخدامها فى تخزين البردية.

وبالنظر إلى برديات المتحف البريطانى حالياً فهى مثبتة بين قطعتين من الزجاج مثبتين معاً بشريط ذاتى اللصق وهذا الشريط يتكون من قماش مغطى بالبولى إيثلين مثبت على لاصق مطاطى ويسمى Ducting Tape، ولم تظهر أى آثار ضارة بجانب أن عمرها الافتراضى جيد ولديها درجة حموضة pH متعادلة.

ويراعى وضع دعامات إضافية للبرديات الطويلة المثبتة داخل التراكيب الزجاجية، وتمثل تلك الدعامة فى إطار خشبى لمنع ارتخاء الزجاج. ولا تزال معظم برديات المتحف البريطانى موضوعة بين تركيبة من زجاج على وجه البردية وإطار خشبى من الخلف.

وقد استبدل الزجاج بالبرسبكس (Polymethyl methacrylat sheet) Perspex إلا أنه غير ملائم لأنه يولد مجالاً مغناطيسياً Static Field ويمكن للبرديات الهشة أن تتلف وتتكسر لأقل كمية من الأستاتيكا المتولدة من الزجاج، بجانب أن زجاج البرسبكس من السهل أن يُخربش وأيضاً يحدث له التواء Warp وخاصة إذا كان حجم التركيبة كبير.

وتتكون التركيبة التقليدية من لوحين زجاجيين (من الزجاج العادى) سمك 2 : 3 مم ويثبتان معاً بشريط لاصق ذاتى Self Adhesive Tape والتى أثبتت نجاحها عند إخضاعها لظروف تجريبية ضارة حيث تم غمر أنماط متنوعة من التركيبات قديمة وحديثة تحتوى بداخلها على عينات حديثة من البردى وغمرها فى الماء لمدة 24 ساعة وقد ظهر ضرر الماء كمشكلة كبيرة حتى أنها تأتى بعد النار نفسها كمصدر تلف للبردى، ووجد أن التراكيب المكونة من الزجاج من الأمام والخشب

مـــن الخلـــف يحـــدث لها التواء وبصورة سيئة بعد بلها، والتواء آخر عند تجفيفها وينتج عن تلك العملية كسر الزجاج على وجه البردية.

أمـــا عـــن أســـلوب حفظ البرديات فى مجموعة أوسلو فقد بدأ الاهتمام بتلك المجموعة عندما كلف كل من B. Fosse & K. Kleve بإنقاذ حوالى 1400 بردية غـــير منشـــورة والتى كانت محفوظة بين ألواح مزدوجة بدون أى حماية إضافية وذلك فى عام 1992.

واتبعت الخطوات التالية فى علاج وصيانة برديات أوسلو:

- تصوير كل بردية فوتوغرافياً. ثم تنظيفها من الأتربة والاتساخات.
- إعداد وتجهيز ألواح زجاجية بمقاسات مختلفة (10.5×15، 15×21، 21×30 سم) حسب حجم البردية المراد صيانتها. ثم تنظيف وتلميع الزجاج جيداً.
- لصق إطار من ورق رقيق خالى الحموضة بعرض 1 سم على جوانب أحد اللوحين الزجاجيين.
- توضع البردية داخل الإطار ويوضع اللوح الزجاجى الآخر فوقها ويلصقان معاً فى الجانب العلوى بشريط طباعة Printer s Tape ويكتب على الشريط تاريخ البردية والمعلومات المتعلقة بالبردية بحبر ثابت مقاوم للرطوبة.
- ترفع البردية وتصور صورة كارتون بلون رمادى وأخذ شريحة ماكرو ملونة Macro Colour Slide بحيث تتضمن النص الذى تحتويه البردية.
- يتم غلق الثلاث جوانب المفتوحة من لوحى الزجاج بشريط لاصق.
- ثم توضح الشرائح فى إطارات طبقاً لنظام رقمى فى علب فوتوغرافية Photo Cassettes ويتم تسجيل كامل للبرديات المعالجة يتضمن حجم ألوان الزجاج وعدد الشرائح الضوئية التى تم أخذها لكل بردية.

فـــى حالة البرديات المغطاة كلياً أو جزئياً بالجص فيتم إزالته عن طريق حمام فوســـفات Phosphat Bath أو الإزالة الموضعية بواسطة Phosphat Buffer وبعد جفاف البردية تماماً يتم تصويرها ثم تعاد مرة أخرى للزجاج.

الأساليب المتبعة لتخزين البردى فى جامعة برنستون:

*** وصف المجموعة:**

تخـــتزن مكتـــبة جامعة برنستون كمية هائلة من البرديات، والتى يستفيد منها الطـــلاب والباحـــثون، وتقـــدر المجموعـــة ما بين 700–1000 بردية فى صورة قصاصـــات أو لفـــائف، وتؤرخ ما بين (332ق.م–650م). وتشتمل المجمعة على

بـــرديات يونانـــية، إيصالات ضرائب، سجلات تعاملات تجارية بعضها من مصر والبعض الآخر من أماكن أخرى.

*** حالة المجموعة:**

معظـــم البرديات كانت محفوظة بالطريقة التقليدية القديمة، بعضها بين لوحين مـــن الزجاج، والبعض الآخر محفوظ داخل ملفات ورقية، والبعض الثالث مكبسل فـــى فـــيلم بولى استر محمول على قطعة من الكرتون، بالإضافة لذلك توجد لفائف بـــردية مخـــزنة فى صورة حزم أو مجموعات مربوطة كما هى داخل صفائح من القصدير منذ أن وصلت إلى الجامعة منذ 70 عاماً.

- القطع الكبيرة والتى يبلغ طولها من 4-5 قدم (طول) و18 بوصة (عرض) معلقة على ورق سميك داخل إطار من الزجاج، وتعانى كل المجموعة من الهشاشية والضعف، كما أن بعض القصاصات تحطمت تماماً.
- والحبر الأسود (الكربونى) المستخدم للكتابة فى حالة جيدة من الحفظ وملتصق جيداً بسطح البردى.

*** خطة العلاج :**

- إعادة التخزين والحفظ Rehousing:

وتم تبنى خطة جديدة لإعادة تخزين هذه المجموعة بحيث تبقى سهلة الوصول للباحثيـــن والطـــلاب وتوفـــر فـــى نفس الوقت حماية وتخزين فعال وجيد، وطور نظاميـــن مـــن الحفـــظ لهـــذه المجموعة وتم تقسيمها لنظامين على حسب اختلاف أحجامها ومحتوياتها.

*** ترميم القطع:**

أثـــناء إعادة التخزين والحفظ كان هناك فقد جزئى فى صورة كسور وتمزقات تم ترميمها بسرعة باستخدام عجينة النشا (القمح) وتطبيق العجينة فى الحالة الجافة باستخدام فرشاة صغيرة، أما إذا كان التلف كبيراً يمكن استخدام الورق اليابانى مع اللاصـــق للـــتقوية، أمـــا الـــتلف الأكبر من ذلك يترك ويتم التعامل معه بعد إعادة التخزين.

وفيما يلى أساليب الحفظ الجديدة:

الطريقة الأولى: أسلوب Stabiltex Sling

ويطـــبق علـــى المجموعـــات الأكثر قيمة والأكثر استخداماً، وهى عبارة عن قطعة بها نافذتان، وتغطى النافذتان بالاستابلتكس Stabiltex، وهو عبارة عن نوع

مـــن البولى إستر القوى (Suiss Silk Bolting Cloth) حرير سويسرى من داخل النافذتيـــن، وتوضـــع بيـــنها قطعـــة البردي بحيث تظهر من الجانبين، ثم توضع المجموعـــة بيـــن شريحتين من زجاج البلكسى جلاس أو الأكريليك 0.25 بوصة، ويتميز البليكسى جلاس بأنه مرشح للأشعة فوق البنفسجية.

ويستخدم أيضاً Acrylite OP2 (Cyro Industries)، وهو نوع من الأكريكيك للمـــتاحف ومرشـــح للأشعة فوق البنفسجية، ويطبق حول المجموعة (السندويتش) بلاصـــق من شرائط البوليستر من نوع Clear J. Lar (Cyro Industries) لتعمل علـــى تماسك المجموعة معاً، ثم تطورت هذه الطريقة أثناء تخزين بعض البرديات فى مكتب الكونجرس عام 1990.

ومن مميزات أسلوب مادة Stabiltex:

1- تركيبه يمثل ضغطاً ضئيلاً جداً على سطح البردية.
2- يساعد على ثبات الظروف داخل المجموعة.
3- تحمى هذه الطريقة البردى الهش من التحطم أو التكسر.
4- تمتص شرائح الأكريليك الأشعة فوق البنفسجية من الضوء الضار.
5- يسمح هذا الأسلوب (النافذة المزدوجة) بالرؤية من كلا الجانبين.
6- لا يصل اللاصق أبداً إلى سطح البردى.
7- وسيلة آمنة لتخزين قصاصات البردى، وتعطى حماية عالية جداً للبردى، ويمكن رؤية البردى بسهولة.

تكنيك العمل :

1- وضع الشريحة الزجاجية التى بداخلها قطعة البردى على صندوق ضوئى كما هى بحالتها الأخيرة، ونضع أعلاها فرخاً من فيلم البولى استر ويشف حول قطعة البردى باستخدام قلم ملون دقيق مع ترك هامش خلف نافذة عرض البردية.
2- يتم تجهيز قطعتين من كرتون المتاحف المخصص لعرض البرديات، وباستخدام إبرة يتم تحديد نافذة العرض، وتتم على أساسها أخذ مقاس النافذة باستخدام آلة حادة (مشرط) وباستخدام ورق صنفرة يتم تهذيب أحرف النافذة، وتوضع النافذة أمام الضوء مواجهة لقطعة البردى للتأكد من التطابق بين البردى والنافذة.
3- يتم العمل بنفس الطريقة مع النافذة الخلفية، ولابد أن تكون النافذتان متطابقتين، وإذا كان غير ذلك يمكن استخدام الصنفرة للتسوية.

4- يتم لصق الاستبالتكس Stablitex التى تم تجهيزها على حواف النافذة المعدة باستخدام PVA بفرشاة واستخدام نسيج الحواف PES-O/TR Fabric ويتم لصق الأحرف تدريجياً، الجزء الأعلى أولاً ثم الأحرف الجانبية ثم الحافة السفلى، ويتم العمل بنفس الطريقة على النصف الآخر من شريحة الورق.

5- باستخدام شرائح شفافة لاصقة مع المجموعة القديمة، تُأخذ ورقة البردى وتُوضع تحت نافذة الاستابلتكس باستخدام ملقاط بعناية مع ضبط المساحات بينها، وتوضع بطاقة التعريف على السطح الأمامى ثم يوضع سولتيب لاصق من الجانبين (مزدوج اللصق).

وتوضع ورقة البردى على المساحة التى تم تحديدها فى البداية، وباستخدام ملقاط يتم نزع غطاء السولتيب ثم يعلقا معاً باستخدام البلكسى جلاس 0.25 بوصة والتأكد من صقلها جيداً.

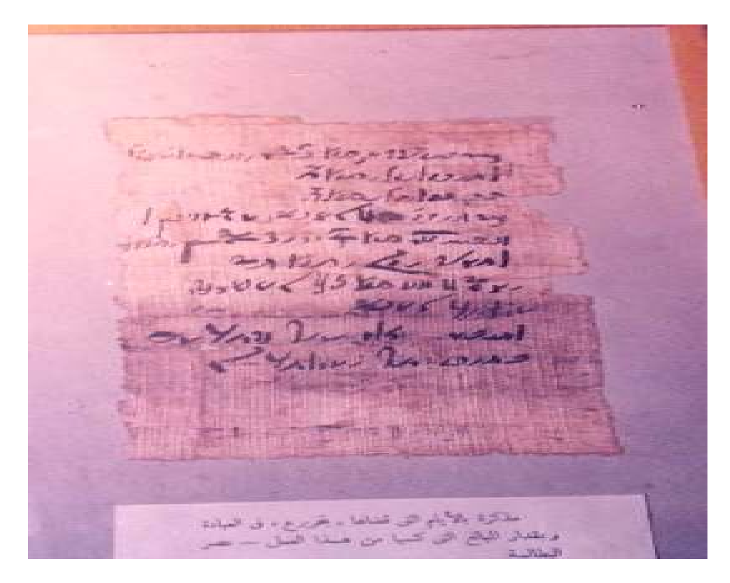
توضع كلبسات مؤقتة حتى الضبط النهائى أو باستخدام أثقال فوق شرائح البلكسى جلاس، ثم استخدام سولتيب البولى استر على حواف المجموعة مع نزع الزيادة من السولتيب. ويمكن استخدام مسامير بلاستيكية فى الأكريليك (البلكسى جلاس) لزيادة التثبيت.

الطريقة الثانية: أسلوب البولى استر Polyester Sling

لا تصلح الطريقة السابقة لتخزين البرديات التى تعد بالمئات وأحياناً بالآلاف، لأنها ستتكلف وقتاً ومالاً، ولذلك لابد من بديل عملى وسريع للقطع الأقل أهمية، وهى عبارة عن قطعة ذات نافذة مزدوجة من البولى استر تسهل عملية الكبسلة الجزئية مع استخدام جهاز لحام بالموجات فوق الصوتية لهذا الغرض.

وفى النهاية يتم وضع البردى داخل الكبسولة جزئياً، وتعتبر هذه الطريقة للحفظ المؤقت حتى نصل لمرحلة الحفظ النهائية. ومن أهم مميزات هذه الطريقة أن البولى استر لا يشكل ضغط على سطح البردية ويحميها من الأتربة والضوء دون استخدام لاصق.

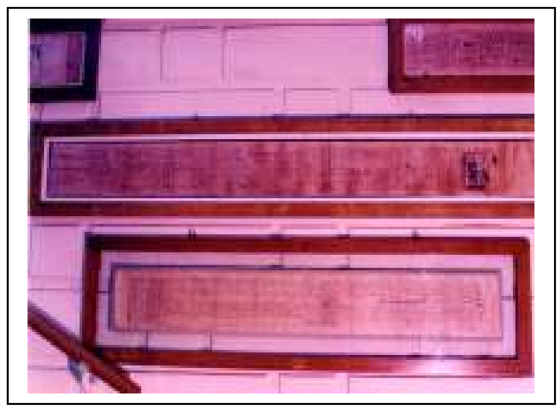
وتعتبر هذه الطريقة سهلة وسريعة، وتستغرق 20 : 30 دقيقة لعمل الوحدة الواحدة:



صورة (107) عرض البرديات على خلفيات كرتونية
أسلوب عرض خاطئ – المتحف المصرى



صورة (108) أسلوب عرض لفائف البردى
ذات الأحجام الطويلة – المتحف المصرى



صورة (109) عرض البرديات
على الحوائط – المتحف المصرى



صورة (110) أسلوب حفظ
البرديات داخل دواليب حفظ
رأسى – مخازن المتحف المصرى



صورة (111)
حفظ البرديات داخل أدراج – حفظ أفقى

النتائـــج :

تم استخلاص العديد من النتائج والتى يمكن إيجازها فيما يلى:

1- إعادة اكتشاف البردي في وادي النطرون حدثاً هاماً من الناحية العلمية والتاريخية، حيث اعتبر معظم المهتمين بعلم النبات أن نبات البردى قد اختفى تماماً من مصر، ومن نتيجة دراسة المقارنة بين أنواع نبات البردى وجد أن بردى وادى النطرون نما أصلاً فى بيئة مصرية وأعيد اكتشافه أيضاً فى بيئة مصرية، كما أنه يشبه إلى حد كبير نفس البردى الذى وصفه بروس منذ أكثر من مائتي عام، كما أن هناك اختلافات مورفولوجية واضحة بين بردى وادى النطرون عن باقى الأصناف لأنه يرجع للبردى المصرى والذى يعود أصله لبردى النوبة أو بردى السودان، أى أن الاحتمال الأكبر أن بردى وادى النطرون هو المستخدم قديماً لتصنيع أوراق الكتابة.

2- لهذا النبات القديم مستقبل جديد، فقد تساهم التكنولوجيا الحديثة فى تحويل مساحات البردى الشاسعة لوقود حيوى ذو أهمية كبيرة بالنسبة لدول العالم الثالث ذات الظروف الاقتصادية الصعبة.

3- يمكن تصنيع أوراق البردى بأكثر من طريقة، فهناك ثلاث طرق للتصنيع وهى: (طريقة الشرائح، طريق التقشير، وبردى مصنع من الشرائح والرقائق الناتجة من عملية التقشير).

4- من دراسة نظريات التصاق شرائح البردى ببعضها وجد أن العديد من العوامل تؤدى إلى التصاق الشرائح ببعضها، فوجود نسبة من المواد السكرية يزيد من قوة التصاق الشرائح ولاسيما الشرائح المأخوذة من الجزء الأسفل من الساق، كما أن الالتصاق الفيزيائى الناتج من تعاشق وتداخل الخلايا البرانشيمية يلعب دوراً هاماً فى عملية الالتصاق، بالإضافة إلى استخدام الماء خلال مراحل التصنيع (الرابط الهيدروجينى).

5- يمكن إرجاع اللون البنى فى أوراق البردى إلى عدة عوامل، منها عوامل مرتبطة بعملية التصنيع مثل مرحلة الدرفلة ونضج النبات أثناء الحصاد ومنطقة الساق التى قطعت منها الشرائح ومهارة الصانع، أو يرجع اللون البنى إلى تأثير مواد حافظة أو ملونة يحتمل أن يكون المصرى القديم استعملها، أو يرجع إلى تحلل اللجنين بتأثير الضوء حيث يتأكسد ببطء متكسراً إلى أحماض آروماتية مثل حمض البنزويك.

6- لصيانة أوراق البردى من هجوم الفطريات والبكتريا ولتحسين خواصها الميكانيكية والفيزيائية كانت مصانع البردى تقوم بمعالجة السطح بمحاليل

مقوية تحتوى على (بيض، لبن "كازين"، صمغ عربي، مواد عطرية، نشا الدقيق .. الخ)، وهذه المواد تجعل الورقة أكثر تماسكاً وتجانساً وتعمل على ربط الألياف السطحية وتحول دون اختراق المداد، وتحسن من مقاومة السطح للتغضن والكرمشة، وهذا يؤكد وجود إضافات أثناء عملية الصناعة.

7- ميكروسكوب الرامان تقنية ذات أهمية كبيرة فى التمييز بسرعة وكفاءة بين البرديات القديمة والبرديات المقلدة.

8- ويمكن تفسير سبب التنوع فى نسب العناصر في البردي إلى عدة أسباب من أهمها: عمر النبات، مكان نمو النبات، وطريقة التصنيع وهل تعرضت العينات التى تم تحليلها إلى عمليات تنظيف أم لا ؟.

9- بالفحص الميكروبيولوجى لعينات بردى من المتاحف المصرية المختلفة أو عينات من المجموعة الخاصة أو من الحفائر وجد أن أكثر الفطريات تواجداً على البرديات داخل مصر *Aspergillus Flavus* و*Aspergillus Niger* و *Penicillium Sp.* يلى أنواع الفطريات السابقة انتشاراً *Cladosporium Fulvum*، واقل الفطريات وجوداً كل من *Stemphylium Sp. , Fusarium* .Sp. وفطر *Penicillium Duponti* تم تصنيفه كأحد الفطريات التى تصيب البردى. وأكثر المزارع التى تم تصنيفها من برديات المتحف الإسلامى كان *Cladosporium Fulvum* حوالى 33.3% يليه *Aspergillus Flavus* 22.2 % يليه الأنواع الأخرى حوالى 11.1 لكل منهم.

10- بإجراء التقادم الزمنى الحرارى بما يعادل 150 سنة على عينات بردى ظهر تكسر جدر الخلايا وتحللها إلى ألياف أقصر فى الطول وعدم انتظامها، وإصفرار فى لون البردى تحت تأثير الحرارة، وبتقوية العينات باستخدام HPC, CMC والصمغ العربى والبارالويد B72 والنشا (بتركيز 2%) ودراسة العينات باستخدام SEM أظهر البردى الذى تم تقويته باستخدام HPC والصمغ العربى تأثير إيجابى على الألياف حيث تم انتظام وتراص المادة المقوية بشكل يزيد من متانة الألياف، كما لوحظ تغلغل المادة المقوية بدرجة جيدة، وأظهر الورق قوة ومرونة ولم يؤثر على لون البردى ولم يترك فيلم على سطح البردية. فى حين أظهر البردى الذى تم تقويته باستخدام CMC والبارالويد B72 والنشا تراكم كميات من المادة المقوية على السطح مما يشوه شكل الألياف ولم يتغلغل بصورة جيدة، أى أن أفضل المواد المقوية التى يمكن استخدامها HPC والصمغ العربى بنسبة 2%.

11- الخلفيات المصنعة من عجينة البردى لها العديد من المميزات، فهى قوية ومتماسكة من ناحية خصائص قوة الشد والتمزق ومقاومة الرطوبة والحرارة، متجانسة من ناحية المظهر.

12- بدراسة مظاهر تلف البردى داخل المتاحف وجد أنها نتاجاً لمزيج من العوامل، منها: طبيعة البردى، الوسط الذى كانت مدفونة فيه البرديات قبل استخراجها، طرق ومواد المعالجة التى تمت للبرديات منذ اكتشافها، أساليب التخزين غير الملائمة داخل المتاحف.

13- الظروف الرطبة والمظلمة تعتبر بيئة مناسبة لنمو الفطريات والحشرات المتلفة للبردى، لذلك يجب ألا تزيد الرطوبة النسبية عن 40 إلى 45% ودرجة الحرارة 20 درجة مئوية.

14- لا يفضل استخدام الثيمول كمبيد للفطريات لأنه يؤدى لإصفرار كل من البردى والبرسبكس المحفوظ بداخله البردى - خاصة فى وجود الضوء - ويفضل استخدام الباراكلوروميتاكريزول 1% فى تطهير المتاحف والمكتبات وعلاج البرديات.

15- الإنزيمات أفضل كثيراً فى عملية الصيانة والترميم من معظم المواد الكيميائية الأخرى التى تستخدم مثل عوامل الأكسدة أو عوامل الاختزال، وإذا استخدام الإنزيم بصورة صحيحة يصبح أداة لا غنى عنها للمرمم.

16- بدراسة البرديات المتفحمة فى هيراكولانيوم وجد أنها تعرضت لدرجات حرارة تتراوح بين 300 إلى 320م، وأن بعض المواد المضافة إلى سطح البردى أثناء التصنيع أظهرت تأثير مضاد للنيران مثل مركبات الشبة وبياض البيض، هذه العوامل أدت للإقلال من الاحتراق الكامل، وبالتالى أنقذت البرديات من التحلل .

17- عند إزالة الخلفيات الكارتونية بأسلوب البطانة السطحية المؤقتة يفضل استخدام محلول غراء السمك 1% فى تقوية الأصباغ والألوان. واستخدام البارالويد B72 10% الذائب فى الطولوين فى لصق البطانة السطحية المؤقتة، كما أن الأسلوب اليابانى الذى يعتمد على ورق Gampi كمادة للبطانة المؤقتة وجد أنه أسلوب ناجح إلى حد كبير حيث أن ورق Gampi متجانس مع تمدد وانكماش البردية كما أنه يتميز بسطح ناعم جداً، كما يفضل استخدام ورق Kozo فى عمل البطانة الجديدة للبرديات.

التوصيات :

1- عدم استخدام مواد كيميائية فى المعالجات إلا فى الحالات الاضطرارية نظراً لتأثيرها على خامة البردى.

2- تجنب استخدام المبيدات الفطرية إلا فى الحالات التى يثبت فيها وجود إصابة نشطة، ويطبق المبيد قبل استخدام مواد التقوية.

3- يجب تجنب استخدام الثيمول كمبيد لأنه يؤدى لإصفرار كل من البردى والزجاج المحفوظ بداخله البردى. وتجنب استخدام بارا داى كلوروبنزين الذى يسبب إصفرار الورق وبهتان الأحبار وتغير الأصباغ، وأيضاً تجنب استخدام بروميد الميثيل وأكسيد الإيثلين لأنها غازات عالية السمية، ويفضل استخدام البارا كلورو ميتا كريزول 1% لمقاومة الفطريات والحشرات لأنه من أكفأ المبيدات التى يمكن استخدامها فى تطهير المكتبات والمتاحف وتعقيم الفطريات.

4- مزيد من الدراسات على أنواع الكائنات الحية الدقيقة والحشرات التى تصيب مجموعات البردى داخل مصر مع إجراء كشف دورى على البرديات المحفوظة داخل المخازن أو المعروضة للتأكد من عدم وجود أى دلائل إصابة حشرية أو فطرية.

5- مزيد من الدراسات على الإنزيمات وتطوير طريقة التطبيق وخاصة فى استخلاص البردى من الكارتوناج أو نزع البردى من الخلفيات الكارتونية، حيث أن الإنزيمات أفضل كثيراً من معظم المواد الكيميائية الأخرى، والتى تستخدم على يد المرممين مثل عوامل الأكسدة والاختزال.

6- يراعى عند ترميم البرديات دراسة كل بردية كحالة خاصة إذ أن بعض البرديات وإن تشابهت فى المظهر العام للتلف إلا أنها تختلف كثيراً فى أسباب التلف وبالتالى أسلوب العلاج المستخدم.

7- يفضل عدم استكمال الأجزاء المفقودة فى البردى إلا فى الحالات الملحة والاضطرارية التى يستلزمها صالح الأثر بغرض التدعيم والتقوية.

8- عند اختيار مواد لاستخدامها فى تدعيم البرديات وعمل خلفيات لها، يجب أن تتميز بالمرونة والتجانس مع البردى من ناحية التمدد والانكماش حتى تتحمل الأنواع المختلفة من الضغوط. وعند نزع الخلفيات الكارتونية بطريقة البطانة المؤقتة يفضل استخدام لاصق البارالويد 10% للبطانة المؤقتة، وتقوية الأحبار والألوان إن وجدت باستخدام محلول غراء السمك 2%.

9- يحفظ البردى بين لوحين من الزجاج العادى سمك 2–3 مم، مع ضرورة وضع ورق خالى الحموضة خلف البردية إذا كانت خالية من الكتابة، وأن تترك مساحة لمرور الهواء إلى البردى. وينظف الزجاج باستخدام الأيزوبروبيل الكحول بدلاً من الماء والصابون أو منظفات الزجاج العادية والتى ثبت تأثيرها السيئ على البردى.

10- عدم استخدام البليكسى جلاس فى حفظ البرديات لأنه عرضة للخدش ويتغير لونه للأصفر بمرور الوقت وأشد مخاطره هو الكهرباء الاستاتيكية التى تتولد بين الطبقتين والتى يمكن أن تزيل الحبر عند إخراج البردية.

11- يراعى عند عرض البردى استخدام طرق إضاءة غير مباشرة واستبعاد الأشعة فوق البنفسجية باستخدام زجاج له خصائص منع الأشعة فوق البنفسجية ويتحول لونه إلى اللون القاتم عند سقوط أشعة الشمس عليه ويصبح مرشحاً للأشعة فوق البنفسجية.

12- عمل تسجيل شامل لمجموعات البردى داخل المتاحف والمجموعات الخاصة وتأريخها ووصف حالتها ومكان اكتشافها وحالتها عند الاكتشاف وتسجيل عمليات الترميم التى تمت لها والمواد المستخدمة فى الترميم حتى يجد المرمم الذى يقوم بإعادة الترميم سجلاً شاملاً يساعده فى عملية الترميم التى يقوم بها.

13- مزيد من الاهتمام بطرق العرض والحفظ داخل المتاحف للإقلال من معدلات التلف ويراعى حفظ البرديات بصورة منتظمة ومرتبة حتى لا يؤدى التكدس لإتلافها وتمزقها، وأن تتميز المخازن بالتهوية الجيدة حتى لا تتوفر البيئة المناسبة لنمو الفطريات مع استخدام مرشحات داخل فتارين العرض مثل مرشحات الفحم النشط.

14- حفظ البردى داخل الأدراج الأفقية من أفضل وسائل حفظ البرديات ذات الحجم الكبير مع وضع مواد منظمة للرطوبة.

المراجـــــع

قائمة المراجع

أولاً: المراجع باللغة العربية :

1 – ابن البيطار: الجامع لمفردات الأدوية والأغذية، طبعة القاهرة، 1291هـ، ح1.

2 – أحمد الشامى (دكتور): دراسة فى أوراق البردى العربية – كلية الآداب – جامعة القاهرة، 1982.

3 – أحمد محمد مجاهد: تاريخ علم النبات فى العصر الفرعونى، ط1، القاهرة، أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا، 1996.

4 – السيد طه السيد أبو سديرة: الحرف والصناعات فى مصر الإسلامية، القاهرة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، 1991.

5 – السيوطى: الإتقان فى علوم القرآن، ط3، القاهرة، دار التراث، 1985، ج1.

6 – القلقشندى: صبح الأعشى فى كتابه الأنشا، طبع وزارة الثقافة والإرشاد القومى بالقاهرة، 1913–1922، دار الكتب القومية بالقاهرة، 1913–1918 م.

7 – أنور محمد عبد الواحد: قصة الورق، المكتبة الثقافية، دار الكتاب العربى، 1968.

8 – أيمن فؤاد سيد (دكتور):الكتاب العربى المخطوط وعلم المخطوطات، القاهرة، الدار المصرية اللبنانية، 1997.

9 – جمال هرمينا: برديات نجع حمادى، مخطوطات العارفين بالله (مخطوطات نجع حمادى)، ندوة البرديات فى تاريخ مصر، المجلس الأعلى للثقافة، لجنة الآثار، فى الفترة من 11–12 يونيو 2002.

10– حازم حسين عباس على: البرديات العربية بدار الكتب المصرية من الفتح العربى لمصر حتى القرن الخامس الهجرى، دراسة وثائقية أرشيفية، رسالة ماجستير، كلية الآداب، قسم المكتبات والوثائق، جامعة القاهرة، 2002.

11– حجاجى إبراهيم محمد (دكتور): أصباغ مصر وأحبارها عبر العصور، القاهرة، 1984.

12– حسام الدين عبد الحميد (دكتور): المنهج العلمى لعلاج وصيانة المخطوطات والأخشاب والمنسوجات الأثرية، 1984.

13– حسام الدين عبد الحميد (دكتور): صيانة ورق البردى، مركز بحوث البردى، جامعة عين شمس، 1983.

14- حسن رجب: البردى، القاهرة، دار المعارف، 1981، سلسلة أقرأ.
15- حسن فهمى رجب (دكتور): إحياء تراث هام ارتبط بحضارة مصر منذ فجر التاريخ وخبرة 35 عاماً مع البردى وأوراقه، جامعة عين شمس، مركز الدراسات البردية، المجلد التاسع، 1993.
16- ذكى على (دكتور): علم البردى تراث مصرى أصيل، القاهرة، 1958.
17- سعيد مغاورى محمد (دكتور): البرديات العربية فى مصر الإسلامية، ط2، القاهرة، الهيئة العامة لقصور الثقافة، 1998.
18- سيد أحمد الناصرى (دكتور): الوراقون والنساخون ودورهم فى الحضارة الإسلامية، مجلة الدوارة، المملكة العربية السعودية - 1989.
19- سيد محمد عمر (دكتور): انتشار أوراق البردى فى العالم القديم، ندوة البرديات فى تاريخ مصر، المجلس الأعلى للثقافة، لجنة الآثار، فى الفترة من 11-12 يونيو 2002.
20- عبد الحليم نور الدين (دكتور): مستقبل الدراسات الديموطيقية فى مصر، ندوة البرديات فى تاريخ مصر، المجلس الأعلى للثقافة، لجنة الآثار، فى الفترة من 11-12 يونيو 2002.
21- عبد الستار الحلوجى: لمحات من تاريخ الكتب والمكتبات، القاهرة، جمعية المكتبات المدرسية، 1971.
22- عبد السلام محمد إبراهيم العسيلى: دراسات تجريبية وتطبيقية فى علاج وصيانة وترميم المخطوطات وتقويتها بالبوليمرات، رسالة ماجستير، كلية الآداب بسوهاج، جامعة جنوب الوادى، 1996.
23- عبد العزيز الدالى (دكتور): البرديات العربية، ط1، القاهرة، مكتبة الخانجى، 1983.
24- عبد اللطيف أحمد على(دكتور): مصر والإمبراطورية الرومانية فى ضوء الأوراق البردية، القاهرة، 1965.
25- عبد اللطيف عبد اللطيف حسن أفندى: دراسة معملية وتطبيقية لعوامل تلف البرديات وطرق علاجها وصيانتها وترميمها، رسالة ماجستير - كلية الآثار - جامعة القاهرة - 1999.
26- عبد اللطيف عبد اللطيف حسن أفندي: دراسة علمية تجريبية في علاج وصيانة البردي الأثري، رسالة دكتوراه - كلية الآثار - جامعة القاهرة - 2005.

27- عفاف عباس ذكى: علاج وصيانة أوراق البردى الأثرى تطبيقاً على برديات من هيئة الآثار المصرية، رسالة ماجستير، القاهرة 1987.

28- علـياء محمد عطية عبد الحميد: دراسات فى علاج وصيانة التوابيت الخشبية الحاملـة للطـبقة اللونية مع تطبيقات عملية فى هذا المجال، رسالة دكتوراه، كلية الآثار، جامعة القاهرة، قسم الترميم، 1999.

29- عمـر عـبد الكـريم (دكتور): الصيانة الوقائية للمجموعات المتحفية كاتجاه عـالمى حديث يجب تطبيقه فى المتاحف المصرية، الفن والمدنية فى الألفية الثالـثة – المؤتمر العلمى السابع 20 مارس – إبريل 2002، جامعة المنيا – كلية الفنون الجميلة – الجزء الأول 2002.

30- عمـر طوسون: وادى النطرون ورهبانه وأديرته ومختصر تاريخ البطاركه، مطبعة السفير بالإسكندرية، 1935.

31- لوكـاس: المـواد والصـناعات عند القدماء المصريين، ترجمة ذكى سكندر ومحمد زكريا غنيم، دار الكتاب العربى، مراجعة عبد الحميد أحمد، القاهرة، 1945.

32- محمد حماد (دكتور): صناعة الحبر، دار الكتب المصرية، 1959.

33- محمـد رفـيق خليل: البرديات الطبية من مصر القديمة، ندوة البرديات فى تـاريخ مصـر، المجلس الأعلى للثقافة، لجنة الآثار، فى الفترة من 11-12 يونيو 2002.

34- محمـد محمـد الصـغير(دكتور): البردى و اللوتس فى الحضارة المصرية القديمة، القاهرة، الهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية، 1985.

35- محمود عباس حموده: تاريخ الكتاب الإسلامى المخطوط القاهرة، دار غريب للطباعة والنشر والتوزيع، 1994.

36- مصـطفى السـيد يوسـف (دكـتور): العلم وصيانة المخطوطات – المملكة العربية السعودية، مكتبة عكاظ، 1984.

37- مصـطفى الطوبـى: رسالة ماجستير، مدخل إلى علم المخطوطات، ترجمة ومقدمة فى الكوديكولوجيا، رسالة جامعية، الرباط، 1997.

38- نادية لقمه: دراسة علاج وصيانة الأخشاب الجافة، تطبيقاً على مختارات من التماثيل الخشبية من مقتنيات المتحف المصرى، رسالة دكتوراه، 1999، كلية الآثار، جامعة القاهرة.

39- نـــازك إبراهيم عبد الفتاح (دكتور): بردية ناش أحد البرديات العبرية، مركز الدراسات البردية، جامعة عين شمس، 1983.

ثانياً: المراجع باللغة الأجنبية :

40- Abdel El Hamid, H.: Conservation of Ancient Papyrus, Ain Shams University, Center of Papyrological Studies, 1983.

41- Abdel El Hamid, H.: New Technique for Mounting Fragmented Ancient Papyrus, Proceeding of the XIX International Congress of Papyrology, Ain Shams University, Center of Papyrological Studies, 1989.

42- Abdel El Hamid, H.: New Technique for Removing Papyrus from its Card Board Back, Helwoan University, Research Study, Vol. 9, No. 1, 1986.

43- Abdel Hamid H.: Diagnasis of darking green pigment of ancient papyrus bulletin of Helwan University, Vol. VII, 1990.

44- Abdel Hamid H.: Trails for Ancient Papyrus Restoration, Helwan University, Research Studies, Vol. 9, No. 1, 1986.

45- Abdel- Kareem, O.: Application of Fungicides and Polymers in Preservation of Linen Textiles, ph.D Thesis, Krakow, Poland, 2000.

46- Angeli, A.: Lo Svolgimento dei papyri carbonizzati, papyrologica lupiensia. 3, Congedo Editore, 1994.

47- Antoinet, O. & Danzing, R.: The History and Treatment of the Papyrus Collection at Brooklyn, The Book and Paper Group Annual, Vol. 12, 1993.

48- Atlas, R.M.: Handbook of Microbiological Media for the Examination of Food. CRC Press, Boca Raton, (1995).

49- Banik, G. & Stachdberger. H.: Salt Migration in Papyrus Fragments, in Recent Advances in The Conservation 2nd Analysis of Artifacts, University of London, Institute of Archaeology Jubilee Conference, 1987.

50- Banik, G.: Discoloration of Green Copper Pigments in Manuscripts and Works of Graphic Art, Restaurator, 10, 1989.

51- Barns, J. W.: The Facing of Papyrus Fragments, Proceeding of the IX International Congress of Papyrology, Oslo, 1985.

52- Bein, A. & Horowitz, A.: Papyrus et sa Fabrication, In AA. VV "Naissance de l'ecriture Cuneiformes et hieroglyphs, Paris, 1986.

53- Belbourgo, S.: Application of the Electron Microscope to the Study of some Italian Painting of the Fourteenth to Sixteenth Century, in Conservation and Restoration of Pictorial Art, IIC, London, 1978.

54- Bell, I. M.; Clark, R.I.H. & Gibbs, P.J.: Raman Spectroscopic Library of Natural and Synthetic Pigments (Pre- 1850 AD) Spectro Chim. Acta 53A, 1997.

55- Bradley, S.: A guide to the storage exhibition and handling of antiquates ethnographic and pictorial art, occasional paper 66, British Museum, 1995.

56- Bruce. J: Travel to Discover the Sources of The Nile, 1970.

57- Capasso, M.: Ομφαλος umbilicus: dalla Grecia a Roma, Contributo alla storia del libro antico, Rudiae 2, 1990.

58- Capasso, M.: Restoration Methods of the Papyri Preserved in The Egyptian Museum of Cairo, "SEAP" 17, 1998.

59- Capasso, M.: The Restoration of Egyptian and Greek Papyri Housed in Cairo Egyptian Museum, Album del centro di studi papirologici dell, Univerista degli studi di Lecce, Euro Comp, 2000.

60- Capsso, M.: Un Omaggio dei Borboni al Pardre Piaggio, in Contributi.

61- Casy, J.: Pulp and Paper, V. 1, 2nd Edition Inter. Science Publishers Inc., New York, 1961.

62- Cerny, J.: Paper and books in ancient Egypt, London, 1966.

63- Chiovenda. E: il papiro in Itali. Lav. Ist. Bot. Modena- Forli, 1931.

64- Clark, R.I.H.: Raman Microscopy, Application to Identification of Pigments on Medieval Manuscripts, Chem. Soc., Rev. 24, 1995.

65- Cockle, W.E.H.: Restoring and Conservation Papyrus Bulletin of The Institute of Classical Studies of the university of London 30, 1983.

66- Comparetti, D. & Depetra, G.: La Villa Ercolanese Dei Pisoni, I Suoi Monumentie la sua biblioteca, Torino, 1883, Rist. Napoli, 1972.
67- Daniels, V. & Boyed, B.: The Yellowing of Thymol in the Display of Print, Studies in Conservation, 1986.
68- El-Habashy, I: Taxonomical and Chemosystematic Studies on Cyprus (Cyperacase) in Egypt, Mansoura University, Faculty of Science, Botany Dept. 1988.
69- Evans, D.; Hamburg, D. Mickelson, M.: A Papyrus Treatment, Bringing The Book of the Dead to Life, Art Conservation Training Programs Conference, November, University of Delomare, 1980.
70- Fackelmann, A.: The Restoration of The Herculaneum Papyri and Other Recent Finds, University of London, Institute of Classical Studies Bulletin, I, 1970.
71- Fackelmann, M.: Ablosen der malerl von Mumien Kartonage, Mitder, (leim-strappo), zeitsch vift fur papyrologie und epigraphic, 1983.
72- Fackelmann, M.: Restaurierung Van Papyrus and Anderen Scrifttvageren Aus Agypten. Studia Amstelodamensia ad Epigraphichicam, isu antiquum et papyrologicam pertinentia 23 Zutphen: Terra, 1985.
73- Flieder, F.; Delange, E.; Duval, A. and Leroy, M.: Papyrus the Need for Analysis, Restaurator, 2001.
74- Fosse, B. et al.: An Easy and Sheap Method of Removing Papyrus from Gesso Cartonage, Symbolae Osloenses 56, 1981.
75- Fosse, B.; Stormer, F.C. and Kleve, K.: An Easy and Cheap Method of Removing Papyrus from Gesso Cartonnage, Symbolae Osloenses 1981: LVI: 171-179.
76- Games, T. G. H.: Egyptian Painting and Drawing in the British Museum, British Museum Publications Ltd, London, 1986.
77- Gardiner, A.: Egyptian Grammar, Oxford,1927.
78- Green, L. & Leach, B.: Investigation of Consolidation and Facing Adhesives for Pigments on Papyrus, British Museum Conservation Section, 1993.

79- Green, L.: Analysis of Mounting Medium of Fragment of Papyrus EA10770/5, British Museum Conservation Research Section Internal Report, No. CA 1993/4.
80- Green, L.: Recent Analysis of Pigments from Egyptian Artifacts, Conference of The United Kingdom Institute for Conservation, London, 20-21 July, 1995.
81- Greiss, E. A. & Naguib. K: An Anatomical Study of Some "Sedges" in Relation to Plant Remains of Ancient Egypt, Bulletin de l'Institut d' Egypte 37, 1955.
82- Grohmann, A.: From the World of Arabic Papyri, Cairo, Al Maaref Press, 1952.
83- Handbook of Microbiological Culture Media, International Edition 2000.
84- Happer, F.N and Reynolds. T: Papyrus and the adhesive properties of its cell sap in relation to paper making, Journal of Egyptian Archaeology, 1967, p 53.
85- Hendriks, H. M: The Manufacture of papyrus, Zeitschr. Pap. Epigr. XXXVII, 1980, pp 121-136.
86- Hendriks, H.M: More about the manufacture of papyrus congresso international Die papirologia, Napoli, 1984.
87- Hey, M.: The Washing and Aqueous Deacidification of Paper, Journal of The institute of Paper Conservation, Vol. 4, 1979.
88- Hofend, H.: The Cleaning of Paper and its Influence on The Surface, 1982.
89- Hofenk, J.: Hydroxy Propyl Cellulose, A Multipurpose Conservation Material, Icom Conference 6th Meeting, Ottawa, 1981.
90- Horie, C.V.: Material for Conservation, Butterworths, London, 1987.
91- Huttermann, A.; Fastenrath, M.; Kharazipour, A. and Schindel, U.: making of papyrus an ancient Biotechnology or Pliny was right indeed, original mitt Eilungen, Naluru, ssenschafter, 1995.
92- Jaescke, R.L.: A method of Reshaping Cartonage with out Water, in Brow C.E. Macalister, M.M. & Wright, M, Conservation in Ancient Egyptian Collections, Archetype.

93- Kleve, K. & Stoermer, F.C.: On Excavation and Preservation of The Herculaneum Rolls, (Cronache Ercolanesi), 7, 1977.

94- Kleve, K.; Fosse, B.; Tidemandsen, P. & Stromer, C.: Revival of Oslo Papyrus Collection, Papyrologica Lupiensia, 3, Concedo Editore, 1994.

95- Kowalik, R. & Sadurska, I.: Micro flora of Papyrus from Samples of Cairo Museums, Studies in Conservation, 18, 1973.

96- Kowalik, R.: Decomposition of Papyrus by Micro organisms, Restaurator, 4, 1980.

97- Leach, B.: Papyrus Conservation at The British Museum, Papyrologica. Lupiensia 3, Concedo Editore, 1994.

98- Leach, B. & Green, L. R.: Removal of Unstable Linings from Illustrated Papyri an Investigation into Suitable Consolidates and Facings, Conservation in Ancient Egyptian Archaeology Section, London, 1995.

99- Lewis, N.: Open letter to H.M. Hendriks and E.G Turner, more on ZPE 39, 1980, 113-114, Zeitschrift fur papyrologie und Epigraphik XXXXII (1981).

100- Lewis, N.: Papyrus in Classical Antiquity, Asupplement, Papyrologica Bruxellensia 23, Bruxelles 1989.

101- Lorna, R.,& Green, L.: Recent Analysis of Pigments from Ancient Egyptian Artifacts, Conservation in Ancient Egyptian Collections, London, 1995.

102- Lucia, B. & Robin J. H. Clark: Pigment Identification by Raman Microscopy as a Means of Differentiation Between Ancient and Modern Papyri Art et Chimie la Coulour Actes du Congres Sous la Direction de Jacques Goupy et Jean- Pierre Mohen, CNR Editions, Paris, 2000.

103- Maehler, H.: A new Method of Dismounting Papyrus Cartonage Bulletin of the Institute of Classical Studies, 27, 1980.

104- Mahmoud, S.A.; Ramadan, E.M.; Abdel Hamid, H. & El Sayed, M.M.: Stduies on Cellulose Decomposing Micro Organisms Isoloated From Deterioration old Manuscript, Bulletin of The Conservation Research Center, 1, 59-67 Cairo, 1979.

105- Mankarus. T: Structure and development of Cyperus Papyrus L., Faculty of Science, Fouad 1st University, Cairo, 1940.

106- Menci, G.: Fabbricazione, Uso e restauro antico del papiro: The Note in Margine a Plinio. NHXIII 74-82, in Proceedings of The XVIII International Congress of Papyrology, Athens, 1988.

107- Menei, E.: Use of Japanese Style Techniques in Conservation of Egyptian Papyrus, Proceedings of The International Seminar on Japanese Paper Conservation, 14-20 December, ICCROM, 1998.

108- Menei, E: Le Papyrus, Conservation, Restoration, 2 Vols, un published Thesis for the Diploma of The Institute Francias de Restoration des Oeuvres d'art, Paris, Vol. 2 entitled: 4 Dossiers de Restoration, 1990.

109- Moehler, H.: A New Method of Dismounting Papyrus Cartonage, Bulletin of the Institute of Classical Studies 27, 1980.

110- Nielsen, I.: Papyrus Structure, Manufacture 2nd Deterioration Doctoral Dissertation, School of Conservation, Copenhagen, 1985.

111- Owen, A., & Danzing, R.: The History and Treatment of the Papyrus Collection at the Brooklyn Museum, The Book and Paper Group Annual, Volume 2, 1993.

112- Pantaudi, R.: LL restauro die papir: note, proposte, esemplificazioni, Bollettino dell Istituto di patologia del libro, ann o 34, 1977.

113- Plenderleith, H.J., & Werner, A. E.: The Conservation of Antiquities and Works of Art, Treatment, Repair and Restoration, 2nd Edition London, Oxford University Press, 1971, Reprinted, 1974.

114- Pliny: Natural History, Book XII XVI, Translated by: Rackham, H., London, Cambridge, 1968.

115- Ragab. H: A new theory brought forward about the adhesion of papyrus strips, 14 the international congress of paper historians, Manchester, Sep. 1978.

116- Ragab. H: Contribution a letude du papyrus (Cyperus papyrus L) et a sa Transformation en Support de l` ecriture, 1979.

117- Ragb, H.; Fadl, N.A. and Elmedawy, S.: Effect of Retting and Pulping of Papyrus on the Properties of Paper, Indian Pulp and Paper, April-May, 1982.

118- Saleh, A. S., and Others: Study of Ancient Egyptian Pigments, Recent Advances in Sciences and Technology, Vol. 3, 1976.

119- Sarnelli, C.: La macchina del Piaggio nella descrizione di un ambasciatore marochino, Crom. Erc. 23, 1993.

120- Stanley. T.: Papyrus Storage at Princeton University, The book and paper group Annual, Vol.13. 1994.

121- Tackholm, V.& Drar. M: Flora of Egypt ,vol 11 ,Bulletin of the faculty of science No.28, Fouad 1st University, Cairo, 1950.

122- Tait: Rush and Reed; The Pens of Egyptian and Greek Scribes in Proceeding of the XVIII International Congress of Papyrology, Athens, 25-31 May 1981, Athens; Greek Papyrological Society, Vol. 2, 1988.

123- Thickett, D.: Analysis of Adhesive from Papyrus EA10754/ British Museum Conservation Research Section Internal Report No. CA1992, 54.

124- Walker, A.: The Use of a Facing Technique in the Treatment of Fragile Papyri, Conservation of Ancient Egyptian Materials, Preprints for a Conference of the UKIC Archaeology Section, Bristol, 1988.

125- Wallert. A: The Reconstruction of papyrus manufacture: Appeliminary investigation, studies in conservation 34, 1989.

126- Waly, N.M.; Wahba, W.N. & Effendi, A.A.: Comparative Study of the Sheets Similar to Papyrus, Manufactured from Different Plants, Papyrological Lupiensia, Dal Restauro del Materiali Allo Studio del Testi Aspetti della riceca papirologica, Nov. 2002.

127- Wendelbo, Q.: How Enzymes Work and When they can be Used in Paper Restoration, 7th international Congress of Restorers of Graphic Art, 26-27th, Uppsala / Sweden August, 1991.

128- Wendelbo,Q.:Removal of Papyrus from gesso Cartonage with some Remarks on Separation of glued papyri, Symboale Osloeness, 1975; 50: 155-6.

129- Wendelbo, Q.: The Enzymatic Extraction of Papyri from Cartonage, Restaurator 2, 1975.
130- Wendelbo, Q.: The Freeing of Papyri from Cartonage, Restourator, 2, 1975.
131- Wiedemann, H.G & Bayer. G: Papyrus, The Paper of ancient Egypt, The analytical approach, American Chemical Society, 1983.
132- Winckelmann, J.: Le Scoperte di Ercolano, rist, Napholi, 1981.
133- Wise, L.E., and El-Taraboulsi, M.A.: The Rind and Pith of Papyrus an Analytical Study, Tappi, Vol. 37, No. 1, January, 1954.
134- Wright, M.: A method of Extracting Papyrus from Cartonage, Studies in Conservation, 28, 1983.
135- Wright, M.: The Extraction of Papyri from Cartonage, Thesis, Institute of Archaeology, University College London, 1980.

الملحق



صورة رقم (1) قطعة من الحجر (الاستراكا) عليها كتابات – المتحف المصرى



صورة رقم (2) حامل كتابة من العظم – المتحف المصرى



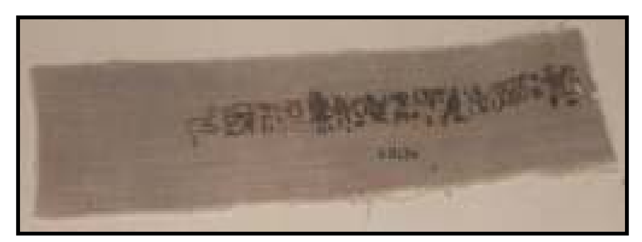
صورة رقم (3) حوامل كتابة من كسر الفخار والخزف– المتحف المصرى



صورة رقم (4) لوح تلميذ مكون من جزئين
من الخشب مغطى بالشمع يحتوى على كتابة يونانية– المتحف المصرى



صورة رقم (5) لوحة صغيرة من الرصاص مكتوبة بالإغريقية – عصر رومانى– متحف مصرى



صورة رقم (6) كتابات مصرية قديمة على حامل من الكتان – المتحف المصرى



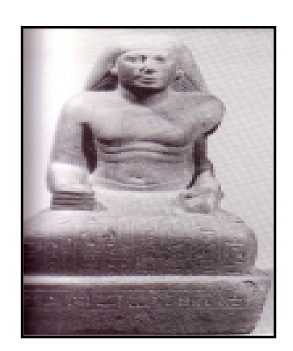
صورة رقم (7) أنشودة مكتوبة باللهجة البحيرية على حامل من الرق – المتحف المصرى



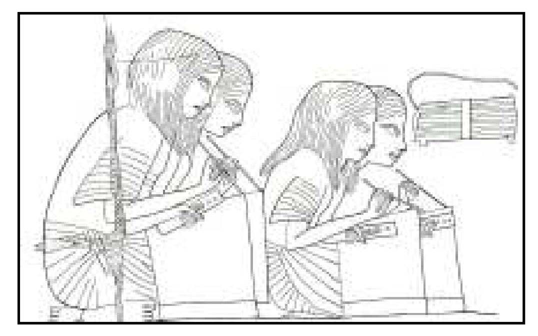
صورة (8) علامة الهيروغليفية SS تمثل لوحة الكتابة والفرشاة – مقبرة اي رى– سقارة الأسرة 15



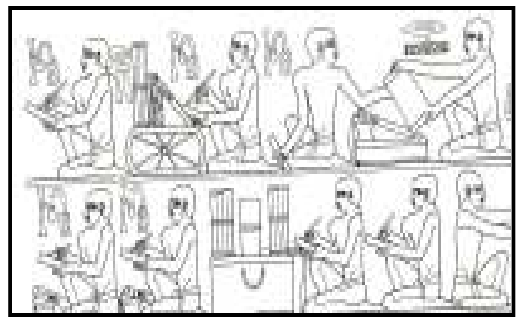
صورة (9) مجموعة من أقلام الكتابة



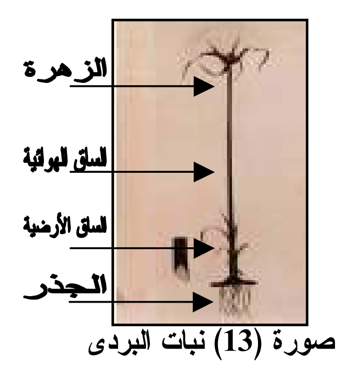
صورة (10ٍ) هيئة الكاتب متربعاً – طيبة



صورة (11) هيئة الكاتب وهو جالس مقبرة حور محب – سقارة – الأسرة 18



صورة (12) الكاتب ولوحة الكتابة مقبرة تى – سقارة – الأسرة 15



صورة (13) نبات البردى

صورة (14) زهرة
أ – بردى الجيزة (أطول وأقل كثافة)
ب– بردى النطرون (أقل طولاً، كثيفة، مشدودة، صلبة تأخذ شكل الفرشاة)
ج– بردى السودان (أقل طولاً وكثافة)



صورة رقم (15) قارب من البردى



صورة (16) لفائف مومياء محنطة لطائر من البردى عصر متأخر – المتحف الزراعى



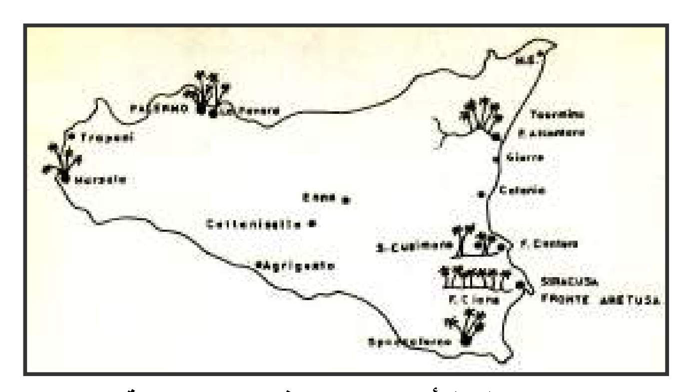
صورة (17) أعمدة من معبد فيلة على شكل زهرة البردى المتفتحة



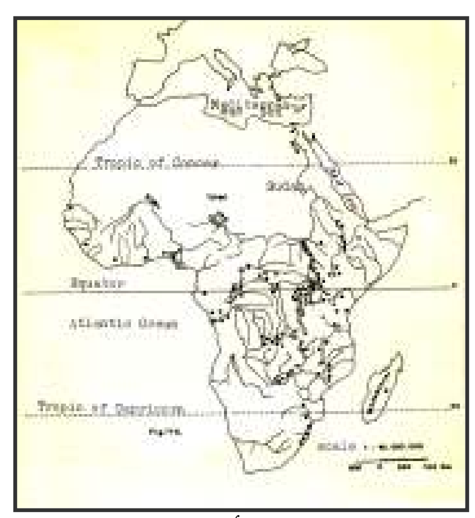
صورة رقم (18) أكواخ من البردى



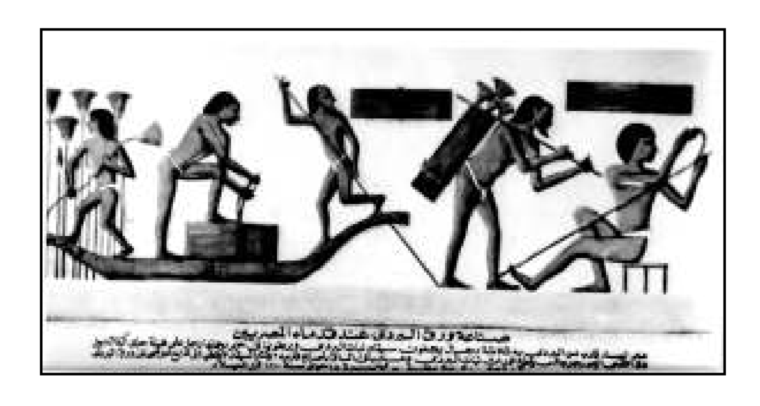
صورة (19) أماكن انتشار البردى فى وادى النيل



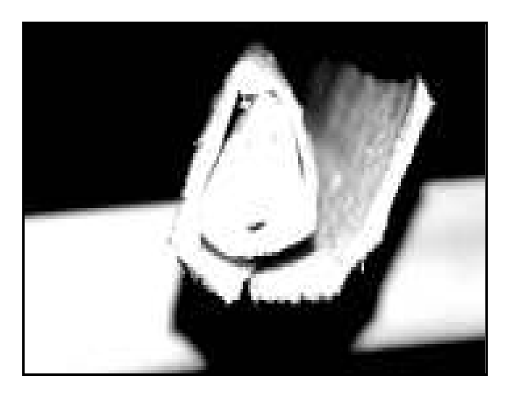
صورة (20) أماكن البردى فى جزيرة صقلية



صورة (21) أماكن انتشار البردى فى أفريقيا



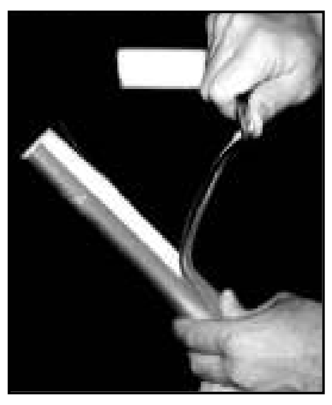
صورة (22) المراحل الأولى من تصنيع البردى مقبرة (بوي إم رع – طيبة – الأسرة 18)



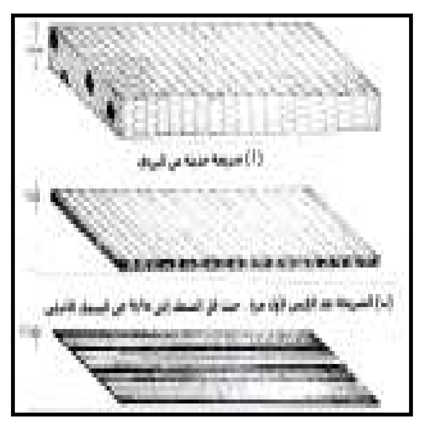
صورة (23) استكمال فصل الشريحة حتى قلب النخاع



صورة (24) حصاد البردى



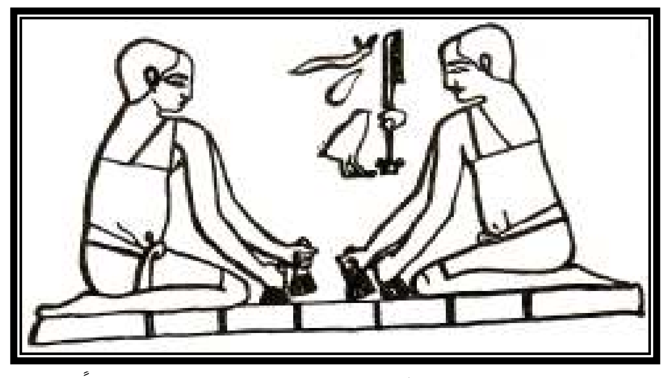
صورة (25) نزع القشرة الخارجية من ساق نبات البردى



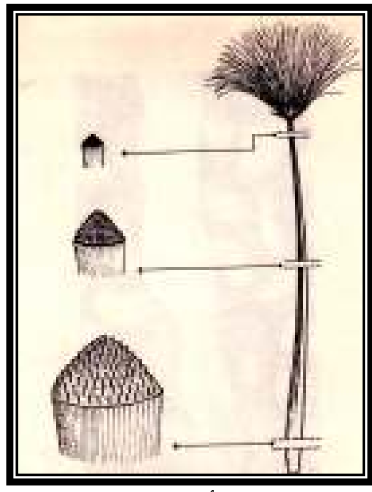
صورة (26) تأثير الدرفلة
على سمك شرائح البردى



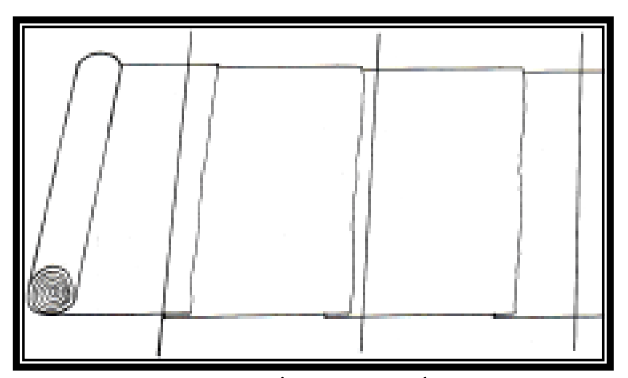
صورة رقم (27) ترتيب الشرائح طولياً وعرضياً



صورة (28) عملية صقل وتنعيم سطح البردى قديماً



صورة رقم (29) أجزاء ساق نبات البردى



صورة رقم (30) أسلوب ترتيب أفرخ البردى لعمل اللفافات



صورة (31) تلف لحشرات ناخرة فى شكل أنفاق– بردى فرعونى – مخازن المتحف المصرى (X31)

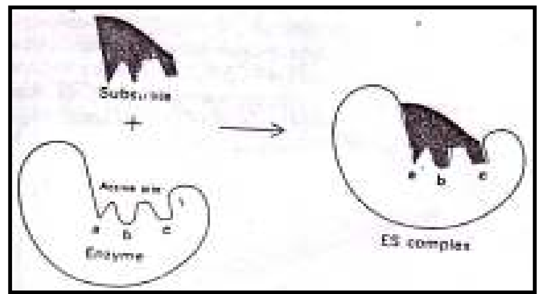








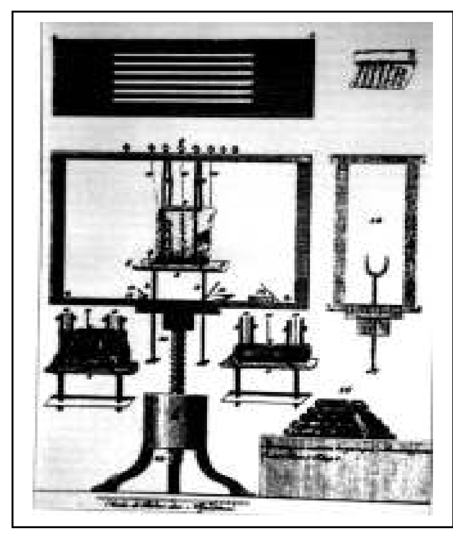
صورة (35)
التنظيف السطحى باستخدام فرشاة



صورة (36) نموذج (التعاشق) Lock and Key
الخاص بتفاعل الإنزيم والمادة التى يؤثر عليها



صورة (37)
مدينة هيراكولانيوم بعد اكتشافها (تصوير المؤلف)



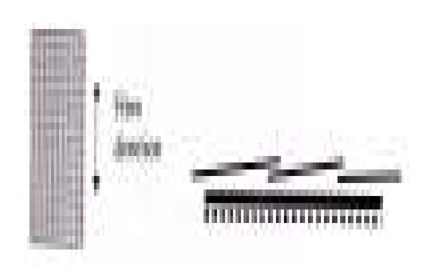
صورة (38) شكل توضيحى
لآلة بياجو لفرد البردى المتحجر



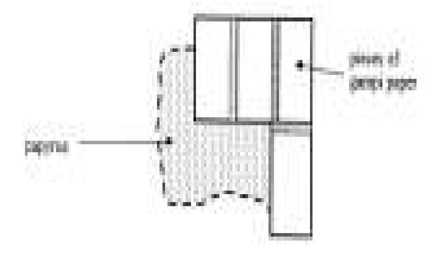
صورة (39) أسلوب فرد
البرديات المتحجرة على آلة بياجو
[متحف نابولى] (من تصوير المؤلف)



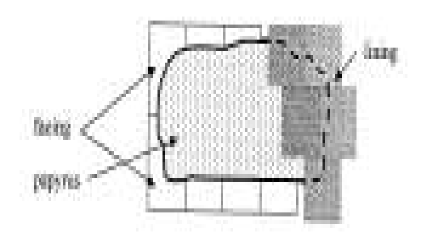
صورة (40) البردى مثبت
على الخلفية الكرتونية وبينهما لاصق



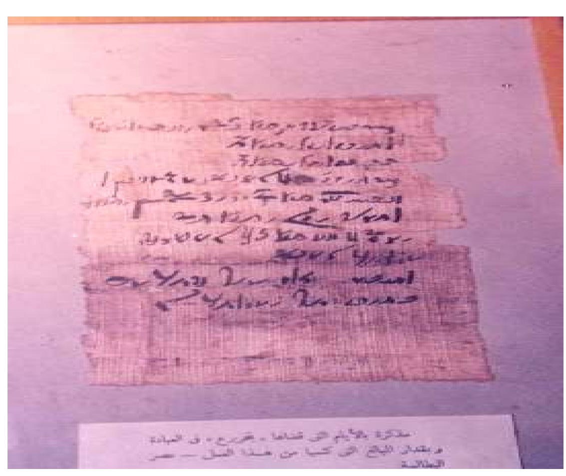
صورة (41) قطع ورق **Gampi**
واتجاه الرص فوق البردية



صورة (42) أسلوب رص أوراق **Gampi**
لعمل البطانة السطحية المؤقتة فوق البردى



صورة (43) أسلوب وضع البطانة الجديدة
(Lining) من ورق **Kozo**



صورة (44) عرض البرديات على خلفيات كرتونية
أسلوب عرض خاطئ – المتحف المصرى



صورة (45) أسلوب عرض لفائف البردى
ذات الأحجام الطويلة – المتحف المصرى



صورة (46)
حفظ البرديات داخل أدراج – حفظ أفقى

د. عبد اللطيف عبد اللطيف حسن أفندى

كلية الآثار، قسم الترميم، جامعة القاهرة، الجيزة، جمهورية مصر العربية

بريد إلكتروني : effendi_eg2002@yahoo.com

بيانات شخصية :

الاســــــم : د. عبد اللطيف حسن أفندى

تاريــخ الميــلاد : 13 مايو 1973

الدرجة العلمية : دكتوراه فى فلسفة ترميم الآثار والمخطوطات والمقتنيات الفنية، كلية الآثار، قسم الترميم، جامعة القاهرة بمرتبة الشرف الأولى 2005.

العمل الحالى :

- مدرس، كلية الآثار، قسم الترميم، جامعة القاهرة.
- باحث بمركز البرديات والنقوش، جامعة عين شمس.
- نشر العديد من الأبحاث فى مجال صيانة وترميم المخطوطات والمقتنيات الفنية.

الخبرات العملية :

1997 – المشاركة فى مشروع إنقاذ المقتنيات الفنية والمخطوطات والخرائط بمخازن دار الكتب والوثائق القومية.

1998 – المشاركة فى ترميم المقتنيات الفنية والمخطوطات والخرائط بمتحف القصر العينى، كلية الطب، جامعة القاهرة.

2004-2008 – المشاركة مع فريق إيطالي من جامعة ليتشيى بإيطاليا يقوم بترميم الوثائق البردية والرقية بالمتحف المصرى.

2006-2008 – المشاركة فى ترميم مجموعة البرديات والوثائق المحفوظة بجامعة عين شمس، مركز البرديات والنقوش بالاشتراك مع فريق إيطالى من جامعة ليتشى بإيطاليا ونشر هذه الأبحاث بمجلة المركز بإيطاليا.

2006 – رئيس فريق العمل فى ترميم وصيانة بعض الكتب والمخطوطات والوثائق وموسوعة وصف مصر المحفوظة بالمكتبة المركزية، جامعة القاهرة.

2007 – مدير تنفيذى مشروع ترميم وصيانة المقتنيات التاريخية والفنية والصور الفوتوغرافية المحفوظة بمخازن مكتبة كلية

الحقوق، جامعة القاهرة.

2007 – مدير تنفيذى ترميم عدد 46 لوحة فنية من مقتنيات المكتبة المركزية، جامعة القاهرة تمهيديا لعرضها داخل متحف المكتبة.

2007 – عمل دورة تدريبية فى ترميم وصيانة المخطوطات بمكتبة الأوقاف بالسيدة زينب للمرممين بالمكتبة فى الفترة من 12–26 يوليو 2007 وترميم مخطوط اختلاف علماء الأمصار للأمام الطبرى، القرن الثالث الهجرى (294 هجرية) ويعد أقدم مخطوط بالمكتبة.

2008 – الإشراف العلمى على ترميم المخطوطات القديمة المحفوظة بمكتبة جامعة الإسكندرية.

دورات تدريبية والنشاط العلمى :

1999 – الحصول على دورة تدريبية فى مجال صيانة وترميم المقتنيات الثقافية والتقوية بالبوليمرات والتى عقدت فى الفترة من 3–16 أكتوبر بمدينة نابولى وفينيسيا بإيطاليا مع التدريب العملى على ترميم المقتنيات الفنية والمخطوطات.

2000 – الحصول على دورة تدريبية فى تطبيقات التكنولوجيا الحديثة فى مجال ترميم الآثار والمقتنيات الفنية بمعهد الدراسات الشرقية بمدينة نابولى الإيطالية فى الفترة من 6 نوفمبر – 6 ديسمبر 2000.

2001 – المشاركة فى الدورة التدريبية الخاصة بالفهرسة والحفاظ على المخطوطات التى نظمتها مؤسسة الفرقان للتراث الإسلامى بلندن بالمكتبة المركزية بمدينة الرباط بالمغرب فى الفترة من 18 يونيو حتى 19 يوليو 2001.